

**IMAGE DISPLAY DEVICE**

**Publication Number:** 2002-328430 (JP 2002328430 A) , November 15, 2002

**Inventors:**

- YANO TOMOYA

**Applicants**

- SONY CORP

**Application Number:** 2001-134535 (JP 2001134535) , May 01, 2001

**International Class:**

- G03B-021/14
- G03B-021/00
- H04N-005/74
- G02F-001/13
- G02F-001/13357

**Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve use efficiency of illumination light of an image display device provided with a nonluminous modulation element, an illuminator to illuminate the modulation element and a projection lens, without inviting the complexity of its structure and the complication of its manufacturing. SOLUTION: The image display device is provided with the illuminator having a light source 24, the modulation element 31 which is illuminated by the illuminator, spatially modulates illumination light according to a display image, and then transmits or reflects it, the projection lens to image the image of the modulation element 31, a first reflection element 6 to reflect unnecessary light which does not illuminate the modulation element 31 in the luminous flux emitted from the illuminator at the light source 24 side, and a second reflection element 14 to guide the unnecessary light reflected by the first reflection element 6 to the modulation element 31. COPYRIGHT: (C)2003,JPO

JAPIO

© 2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.  
Dialog® File Number 347 Accession Number 7459915

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-328430

(P.2002-328430A)

(43) 公開日 平成14年11月15日 (2002. 11. 15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
G03B 21/14		G03B 21/14	A 2H088
21/00		21/00	D 2H091
H04N 5/74		H04N 5/74	A 5C058
// G02F 1/13	505	G02F 1/13	505
1/13357		1/13357	
審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全27頁)			

(21) 出願番号 特願2001-134535 (P 2001-134535)

(22) 出願日 平成13年5月1日 (2001. 5. 1)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 谷野 友哉

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

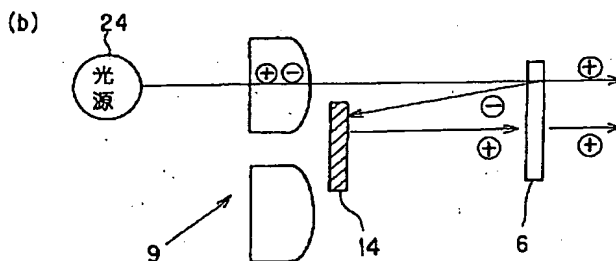
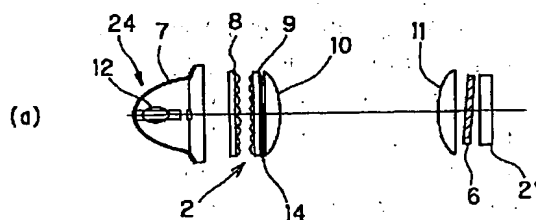
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 非発光の変調素子と、変調素子を照明する照明装置と、投射レンズとを備えた画像表示装置において、構成の複雑化や製造の煩雑化を招来することなく、照明光の利用効率を向上させる。

【解決手段】 光源24を有する照明装置と、この照明装置によって照明され照明光を表示画像に応じて空間変調して透過または反射させる変調素子31と、この変調素子31の像を結像させる投射レンズと、照明装置より発せられた光束のうちの変調素子31を照明しない不要光を光源24側に反射する第1の反射素子6と、第1の反射素子6により反射された不要光を変調素子31に導く第2の反射素子14とを備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源を有する照明装置と、この照明装置によって照明され照明光を表示画像に応じて空間変調して透過または反射させる変調素子と、この変調素子の像を結像させる投射レンズとを備えた投射型の画像表示装置において、

上記照明装置より発せられた光束のうちの上記変調素子を照明しない不要光を上記光源側に反射する第1の反射素子と、

上記第1の反射素子により反射された不要光を上記変調素子に導く第2の反射素子とを備えていることを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】 光源は、ガラスチューブを有して構成された放電ランプであって、ガラスチューブの表面の少なくとも一部に、反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項3】 第1の反射素子は、照明装置から発せられて変調素子に至る照明光を遮らない位置に設置されていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項4】 照明装置は、光源と、回転楕円面からなる反射鏡と、この反射鏡の光束出射端と略々同径の集光レンズとを備えていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項5】 光源は、反射鏡の第1の焦点に略々一致した位置に配置され、集光レンズは、この集光レンズの光源側の焦点位置を、上記反射鏡の第2の焦点に略々一致させる位置に配置されていることを特徴とする請求項4記載の画像表示装置。

【請求項6】 照明装置は、光源から発せられた光束を変調素子に導く照明光学系を備えて構成されており、上記照明光学系は、光束内の光強度分布を均一化するインテグレート素子を有して構成されており、第1の反射素子は、上記照明光学系を介して、上記インテグレート素子に対して略々共役となる位置に配置されていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項7】 照明光学系は、第1の反射素子において、テレセントリック光学系を構成していることを特徴とする請求項6記載の画像表示装置。

【請求項8】 照明装置は、光源から発せられた光束を変調素子に導く照明光学系を備えて構成されており、第1の反射素子は、上記照明光学系を介して上記光源の発光点に対して略々共役な点を含む平面上に配置されているとともに、該発光点から変調素子に至る照明光を遮らない位置に配置されていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項9】 照明光学系は、第1の反射素子において、テレセントリック光学系を構成していることを特徴とする請求項8記載の画像表示装置。

【請求項10】 照明光学系は、光束内の光強度分布を

均一化するインテグレート素子と、このインテグレート素子と光源との間に配置されたりレーコンデンサ光学系とを備え、

第1の反射素子は、上記りレーコンデンサ光学系の近傍であって光源から変調素子に至る照明光を遮らない位置に配置されていることを特徴とする請求項8記載の画像表示装置。

【請求項11】 第1の反射素子は、照明光学系の光軸に対して傾斜して配置されていることを特徴とする請求項8記載の画像表示装置。

【請求項12】 照明光学系は、光束内の光強度分布を均一化するインテグレート素子としてフライアイインテグレート及びこのフライアイインテグレートを経た光束が入射されるコンデンサレンズを有しており、第1の反射素子は、上記フライアイインテグレートと上記コンデンサレンズとの間の位置に配置されていることを特徴とする請求項8記載の画像表示装置。

【請求項13】 光源からフライアイインテグレートまでの光学系の光軸に対して、コンデンサレンズ以降の光学系の光軸が、平行にずれていることを特徴とする請求項12記載の画像表示装置。

【請求項14】 照明装置は、光源から発せられた光束を変調素子に導く照明光学系を備えて構成されており、上記照明光学系は、光束内の光強度分布を均一化するインテグレート素子を有し、光源から該インテグレート素子までの光学系の光軸に対して、インテグレート素子以降の光学系の光軸が、平行にずれていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項15】 第1の反射素子は、光源とインテグレート素子との間であって光源から変調素子に至る照明光を遮らない位置に配置されていることを特徴とする請求項14記載の画像表示装置。

【請求項16】 照明装置は、光源から発せられた光束を変調素子に導く照明光学系を備えて構成されており、上記照明光学系は、光束内の光強度分布を均一化するインテグレート素子としてロッドインテグレートを有し、第1の反射素子は、上記ロッドインテグレートの入射端面の近傍であって光源から変調素子に至る照明光を遮らない位置に配置されていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項17】 照明装置は、光源から発せられた光束を変調素子に導く照明光学系を備えて構成されており、上記照明光学系は、光束内の光強度分布を均一化するインテグレート素子であるロッドインテグレートと、このロッドインテグレートの像を結像するコンデンサレンズを有し、光源からロッドインテグレートまでの光学系の光軸に対して、上記コンデンサレンズ以降の光学系の光軸が、平行にずれていることを特徴とする請求項1記載の画像表示装置。

【請求項 18】 第 1 の反射素子は、ロッドインテグレートとコンデンサレンズとの間であって光源からの変調素子に至る照明光を遮らない位置に配置されていることを特徴とする請求項 17 記載の画像表示装置。

【請求項 19】 第 1 の反射素子は、反射型偏光板であることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 20】 反射型偏光板は、反射型円偏光板であることを特徴とする請求項 19 記載の画像表示装置。

【請求項 21】 反射型円偏光板は、コレステリック液晶ポリマ層からなることを特徴とする請求項 20 記載の画像表示装置。

【請求項 22】 コレステリック液晶ポリマ層の空気界面には、反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項 21 記載の画像表示装置。

【請求項 23】 反射型偏光板は、反射型直線偏光板であることを特徴とする請求項 19 記載の画像表示装置。

【請求項 24】 反射型直線偏光板と第 2 の反射素子との間には、四分の一波長板が配置されていることを特徴とする請求項 23 記載の画像表示装置。

【請求項 25】 第 1 の反射素子は、偏光ビームスプリッタ及び反射板であることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 26】 第 1 の反射素子の偏光ビームスプリッタと第 2 の反射素子との間には、四分の一波長板が配置されていることを特徴とする請求項 25 記載の画像表示装置。

【請求項 27】 第 1 の反射素子は、変調素子内に形成されている遮光層であることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 28】 第 1 の反射素子は、変調素子内に形成されている反射型カラーフィルタであることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 29】 シーケンシャルカラーシャッタを備え、第 1 の反射素子は、上記シーケンシャルカラーシャッタの検光子にもなっていることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 30】 第 1 の反射素子は、変調素子が有している検光子であることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 31】 検光子は、変調素子内に形成されていることを特徴とする請求項 30 記載の画像表示装置。

【請求項 32】 検光子は、コレステリック液晶ポリマ層からなることを特徴とする請求項 31 記載の画像表示装置。

【請求項 33】 コレステリック液晶ポリマ層の空気界面には、反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項 32 記載の画像表示装置。

【請求項 34】 第 1 の反射素子は、反射型変調素子であることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 35】 照明装置は、光源である放電ランプと、回転放物面からなる反射鏡とを備えており、上記放電ランプと変調素子との間の光路上には、位相差板及び反射型偏光板が配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の画像表示装置。

【請求項 36】 位相差板は、反射鏡の中心軸を中心とする放射状の境界線によって複数の領域に分割され、これら各領域における遅相軸方向が互いに異なることを特徴とする請求項 35 記載の画像表示装置。

【請求項 37】 反射鏡の中心軸を介して対称な位置関係にある位相差板の領域における遅相軸は、互いに直交する方向となっていることを特徴とする請求項 36 記載の画像表示装置。

【請求項 38】 反射型偏光板は、円偏光板であり、位相差板は、四分の一波長板であることを特徴とする請求項 35 記載の画像表示装置。

【請求項 39】 反射型偏光板は、円偏光板であり、位相差板は、二分の一波長板であることを特徴とする請求項 35 記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、照明装置によって照明される変調素子と、この変調素子の像を結像させる投射レンズとを備えた投射型の画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、照明装置と、この照明装置によって照明される変調素子と、この変調素子の像を結像させる投射レンズとを備えた投射型の画像表示装置が提案されている。このような画像表示装置は、照明装置の光源として放電ランプを用い、変調素子として液晶を用いて、比較的大型の画像表示装置として実用化されている。

【0003】 このような画像表示装置においては、1 個の変調素子の各画素にカラーフィルタを配置する構造や、時分割でカラー表示するいわゆるシーケンシャルカラー表示方式を採用することにより、装置の低コスト化が図られてはいるが、光利用効率が低く、消費電力が大きいことが問題となっている。

【0004】 光利用効率が低いことの原因としては、変調素子が入射光の偏光状態を変調する非発光の素子であるため、光源から発せられる光束を偏光成分により分離しその後合成する手段が必要であり、また、自発光の表示装置と違い、黒表示においても光源が発光していること、及び、変調素子の開口率で決まる光利用効率に応じた損失があることなどである。

【0005】 従来の画像表示装置において、光利用効率の向上は、以下のように、この画像表示装置を構成する光学素子等においてなされている。

【0006】 【偏光成分の分離及び合成について】 照明装置の光源から発せられた光束を、偏光成分に応じて分

離し、また、合成する偏光変換素子としては、図45に示すように、光源101と変調素子102との間に配置されたP-S変換素子103が知られている。このP-S変換素子103は、図46に示すように、無機物質からなる多層膜で構成された偏光分離膜104が表面に形成された板ガラス105と反射面106が表面に形成された板ガラス107とを交互に貼り合わせたガラスブロック108を、その貼り合わせ面に対して傾斜した切断面109に沿って板状に切断して構成したものである。

【0007】このP-S変換素子103に、P偏光及びS偏光が混合した光束を入射させると、偏光分離膜においてP偏光とS偏光とが分離されるので、P偏光とS偏光とは、このP-S変換素子を構成する各層ごとに分離されて出射する。そして、この出射側において、S偏光、もしくは、P偏光に対応した出射部分に、二分の一波長( $\lambda/2$ )板110を配置しておくことにより、P偏光、もしくは、S偏光のうちいずれか一方のみの偏光成分を有する光束が得られる。

【0008】このようなP-S変換素子103及び二分の一波長( $\lambda/2$ )板110を偏光分離装置として用いることにより、入射光の偏光成分を変調する変調素子を照明する照明装置としての光利用効率を改善することができる。

【0009】この照明装置においては、光源101から発せられた光束は、放物面鏡111によって反射され、一対のフライアイレンズ112、113を経てP-S変換素子103に入射される。そして、二分の一波長( $\lambda/2$ )板110及びコンデンサレンズ114を経て、変調素子102に至る。

【0010】〔反射型偏光板〕従来より使用されている偏光板は、一方の偏光成分を透過させ、他方の偏光成分については、吸収してしまう。しかし、一方の偏光成分を透過させ、他方の偏光成分については、吸収せずに反射する機能を有する「反射型偏光板」が知られている。このような「反射型偏光板」を偏光変換素子として使用すると、他方の偏光成分については、再び反射させるなどして利用することができ、光利用効率を改善することができる。

【0011】〔複屈折多層膜を使った直線偏光板〕複屈折多層膜を使った直線偏光板は、それぞれ屈折率異方性を有し互いに屈折率の異なる2種類のポリマフィルムを多層積層させて延伸することにより作られる。すなわち、積層された2種類のポリマフィルムは、一方の偏光軸方位についての屈折率を互いに一致させ、他方の偏光軸方位についての屈折率は互いに一致していない。そして、このように互いに異なる屈折率について調整することにより、一方の偏光軸方位の偏光を透過させ、これと直交する他方の偏光軸方位の偏光を反射させる「反射型偏光板」を構成することができる。

【0012】なお、このような「反射型偏光板」は、

「3M社」より、商品名「DBEF」、または、商品名「HMF」として発売されている。

【0013】〔コレステリック液晶を使った円偏光板〕コレステリック液晶の選択反射を利用した円偏光板は、例えば、特開平6-281814号公報に記載されているように、コレステリックのピッチが100nm以上変化していることにより、選択反射の波長域を可視域全域とすることが可能である。このようなコレステリック円偏光板を使うことにより、波長依存性のない円偏光板を作製することが可能となる。

【0014】コレステリック液晶を使った円偏光板とこれを使った偏光変換素子は、例えば、特許2509372号公報に示されている。この発明は、円偏光の特性、すなわち、一回の反射によって位相が180°変化することにより、右回り円偏光は左回り円偏光へと、左回り円偏光は右回り円偏光へと変化することを利用したものである。図47に示すように、コレステリック液晶115に反射鏡111を組み合わせることにより、偏光分離合成装置を構成することが可能となる。上述のような直線偏光を使った偏光分離合成装置においては、二分の一波長( $\lambda/2$ )板を必要としたが、円偏光の場合には、二分の一波長( $\lambda/2$ )板を必要としない。

【0015】すなわち、光源101から発せられた光束は、コンデンサレンズ116を介してコレステリック液晶115に入射するとともに、反射鏡111に反射されて、コンデンサレンズ116を介してコレステリック液晶115に入射する。このとき、一方向の円偏光はコレステリック液晶115を透過するが、他方向の円偏光はコレステリック液晶115により反射される。このようにしてコレステリック液晶115により反射された他方向の円偏光は、反射鏡111に反射されることにより、一方向の円偏光となって、再びコレステリック液晶115に入射し、このコレステリック液晶115を透過する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のような照明装置を有する画像表示装置においては、以下のような、種々の問題があった。

【0017】〔製造プロセス〕上述のような照明装置は、製造プロセスが複雑であり、製造が煩雑であるとともにコスト高ともなっている。

【0018】〔コレステリック液晶を使った円偏光板の問題点〕上述した特開平6-281814号公報に記載されている円偏光板においては、波長依存性はないものの、偏光分離特性としては十分なものとはいえなかった。そのため、画像表示装置として必要なコントラストを得るためには、吸収型の偏光板(他方の偏光を吸収する偏光板)と併用することが必要であった。そのため、光利用効率を向上させることが困難であった。

【0019】〔コレステリック液晶円偏光板を使った偏

光分離装置の問題点) 上述した特許2509372号公報、特開平6-281814号公報に記載された図47に示した照明装置は、実際に光源として使用される放電ランプの反射板(リフレクター)の形状において考えた場合、または、変調素子を照明するものとして考えた場合においては、必ずしも予定された効果が得られるものではなかった。

【0020】すなわち、図48に示すように、実際の放電ランプの反射板111の形状は、回転放物面形状、または、回転楕円面形状となっているので、コレステリック液晶115からなる偏光分離素子によって光源101側に反射された光束は、反射板111による反射を2回受ける。反射板111における一回の反射で生ずる位相変化が $180^\circ$ として、2回反射されると、位相が変化しないこととなる。

【0021】さらに、反射板111におけるP偏光、S偏光の反射率に差があり、また、光源101である放電ランプのガラスチューブを通過することによる位相変化、散乱が生じるため、偏光変換の効果は少なくなってしまう。また、反射板が放物面鏡である場合、焦点位置から発した光束は反射型偏光板で反射された場合に焦点位置に戻るが、焦点位置以外の点から発した光束は、反射型偏光板による反射光が必ずしも発光点に戻らない。

【0022】また、図49に示すように、反射鏡111として、楕円面ミラーを使用した場合において、コレステリック液晶115の位置によっては、このコレステリック液晶115による反射光は、光源101の発光点に戻らずに、放電ランプの電極によって吸収されたり、反射鏡111による反射後に角度分布を拡げることになってしまう。角度分布が拡がることは、光源のエテンデュール(Etendue)を大きくすることとなり、照明光の利用効率を低下させる原因となる。

【0023】上述のように、従来の照明装置における偏光変換素子は、光利用効率の点や、製造コストの点において問題があり、光源に光を戻す手段として十分な効率を得られるものではなかった。

【0024】そこで、本発明は、上述の実情に鑑みて提案されるものであって、非発光の変調素子と、この変調素子を照明する照明装置と、投射レンズとからなる画像表示装置であって、構成の複雑化や製造の煩雑化を招来することなく、照明光の利用効率が向上された画像表示装置を提供しようとするものである。

【0025】

【課題を解決するための手段】 上述の課題を解決するため、本発明に係る画像表示装置は、光源を有する照明装置と、この照明装置によって照明され照明光を表示画像に応じて空間変調して透過または反射させる変調素子と、この変調素子の像を結像させる投射レンズとを備えた投射型の画像表示装置であって、照明装置より発せられた光束のうちの変調素子を照明しない不要光を光源側

に反射する第1の反射素子と、この第1の反射素子により反射された不要光を変調素子に導く第2の反射素子とを備えていることを特徴とするものである。

【0026】この画像表示装置においては、不要光が、第1及び第2の反射素子によって光源側に戻されるとともに、さらに、変調素子に導かれるので、照明光の利用効率が向上する。

【0027】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。

【0028】〔一般的な照明装置の概要〕 偏光状態を変調する変調素子を用いた画像表示装置における一般的な照明装置は、図1に示すように、光源1、インテグレート素子2、偏光変換素子3及びコンデンサレンズ群4からなる。そして、この照明装置から出射された照明光が変調素子5に入射する。また、3原色(R、G、B)の表示に対応する変調素子に対応するため、偏光変換素子3と変調素子5との間には、色分離素子が配置される場合がある。

【0029】インテグレート素子2は、光源1から出射された光束内の光強度分布のムラを平均化することである。偏光変換素子3は、光源1から発せられた光束を、偏光成分に応じて分離し、また、合成する機能を有する素子である。コンデンサレンズ群4は、インテグレート素子3から出射された光束を変調素子5に効率よく入射させるための素子である。すなわち、このコンデンサレンズ群4は、インテグレート素子2の像を、変調素子5上に結像するレンズとなっている。

【0030】〔本発明に係る画像表示装置の概要〕 本発明に係る画像表示装置においては、光源より発せられた光束のうちの変調素子を照明しない不要光を光源側に反射する第1の反射素子と、この第1の反射素子により反射された光束を変調素子側に反射する第2の反射素子とを備えている。これら反射素子により、不要光を照明光として再利用することが可能となり、光源そのものの発光強度を上げることなく、表示画像を明るくすることが可能となる。

【0031】このような、不要光の照明光としての再利用が可能となされた照明装置を、以下の説明では、「リサイクル型照明装置」と呼ぶこととする。本発明においては、この「リサイクル型照明装置」を使用して、以下に示すような画像表示装置を構成することができる。

【0032】(1) 偏光型リサイクル照明装置を備えた画像表示装置

(2) 変調素子の開口率を実効的に改善する照明装置を備えた画像表示装置

(3) 高効率単板カラー画像表示装置

(4) 高効率シーケンシャルカラー画像表示装置

(5) ピーク輝度を改善した画像表示装置

これら各照明装置の構成については、後述する。

【0033】〔リサイクル型照明装置の基本型〕リサイクル型照明装置は、図2に示すように、光源1、インテグレート素子2、図示しない偏光変換素子、コンデンサレンズ群4からなる照明光学系を有し、さらに、第1の反射素子6を有している。ここで、光源1は、回転放物面の反射鏡である放物面鏡7を備えた放電ランプとして示している。放電ランプの発光点は、放物面鏡7の焦点に位置している。インテグレート素子2としては、第1のフライアイ (fly-eye) レンズ面8及び第2のフライアイレンズ面9を有するフライアイインテグレートとして示している。このインテグレート素子2の後に、図示しない偏光変換素子が配置されている。コンデンサレンズ群4は、コンデンサレンズ10及びフィールドレンズ11からなるものとして示している。第1の反射素子6は、ここでは、光軸に垂直な平面鏡として示している。

【0034】ここからの説明では、光源1から第1の反射素子6に達する光束を1次光と称し、第1の反射素子6により反射された後の光束をリサイクル光と称することとする。図2においては、1次光の代表的な光束を実線で示し、この1次光に対応するリサイクル光を破線で示している。

【0035】すなわち、放物面鏡7の焦点に位置する放電ランプの発光点から出射された1次光は、放物面鏡7により反射されて平行光束となり、フライアイインテグレートの第1のフライアイレンズ面8に垂直に入射する。そして、この1次光は、第1のフライアイレンズ面8の各分割エレメントごとに収束され、第2のフライアイレンズ面9の各分割エレメント上に集光する。すなわち、1次光の光源像は、第2のフライアイレンズ面9の各分割エレメント上に結像する。そして、この1次光は、第2のフライアイレンズ面9、コンデンサレンズ群4を経て、第1の反射素子6に至る。この照明光学系は、第1の反射素子6の位置において、主光線が光軸に平行となっており、すなわち、テレセントリック光学系となっている。

【0036】ここで、第1のフライアイレンズ面8の各分割エレメントと、第1の反射素子6とは、共役の関係となっている。また、第2のフライアイレンズ面9と、光源1の発光点とは、共役の関係となっており、第1のフライアイレンズ面8の対応する分割エレメントが絞り40の作用を奏することとなっている。

【0037】そして、第1の反射素子6に反射されたリサイクル光は、フライアイインテグレートに戻る。このリサイクル光のうち、第2のフライアイレンズ面9において1次光が通過した範囲を通過した光束で、かつ、対応する第1のフライアイレンズ面8を通過した光束は、発光点に結像することとなる。

【0038】なお、実際には、放物面鏡7の大きさが有限であること、及び、光源1を形成するガラスバルブが遮蔽物となるため、発光点に戻る過程で遮光されるリサ

イクル光が存在する。

【0039】〔リサイクル効率を改善する照明装置〕そして、本発明に係る画像表示装置における照明装置では、図3に示すように、第1の反射素子6を、光軸に対して傾けるとともに、第2の反射素子となる反射板14を設けることにより、照明光のリサイクル効率を改善している。この照明装置は、光源1、インテグレート素子2、図示しない偏光変換素子、コンデンサレンズ群4からなる照明光学系を有し、さらに、第1の反射素子6を有している。ここで、光源1は、回転楕円面の反射鏡である楕円鏡16を備えた放電ランプとして示しており、発光点が楕円鏡16の第1の焦点上に位置している。コンデンサレンズ群4は、コンデンサレンズ (リレーレンズ) 10及びフィールドレンズ11の2枚のレンズにより構成されている。

【0040】そして、楕円鏡16の第2の焦点位置には、絞りを兼ねた反射板14が配置されている。この反射板14は、反射率の高い材料により形成され、インテグレート素子2第2のフライアイレンズ面9から各分割エレメントごとに射出される光束に対応した開口パターンを有している。

【0041】コンデンサレンズ10の像側焦点距離は、フィールドレンズ11の近傍となるように設定されている。この照明光学系は、第1の反射素子6の位置において、主光線が光軸に平行となっており、すなわち、テレセントリック光学系となっている。この照明光学系において、第1の反射素子6に反射されたリサイクル光は、第1の反射素子6が光軸に対して傾いているために、反射板14の開口パターンからずれた位置に戻り、この反射板14によって反射される。反射板14によって反射されたリサイクル光は、再び第1の反射素子6に戻る。図3においては、1次光の代表的な光線を実線で示し、リサイクルの経路を破線で示している。

【0042】また、この照明装置は、図4に示すように、コンデンサレンズ10以降の光学系の光軸を適当量平行にずらして構成してもよい。ここで、光軸をずらす適当量とは、フライアイインテグレート2におけるエレメントの分割ピッチの1/4程度である。図4においても、1次光の代表的な光線を実線で示し、リサイクルの経路を破線で示している。

【0043】これら図3及び図4に示す照明装置において、反射板14の開口径は、被照明物のエテンデュール (Etendue) によって概ね決まるが、被照明物のアスペクト比、リサイクルの効率を考慮して決定する。

【0044】また、第2のフライアイレンズ面9と反射板14の位置は、概ね共役の位置となっている。つまり、第1の反射素子6で反射されたリサイクル光は、第2のフライアイレンズ面9に1次光の照度分布とは違う照度分布を形成し、その各エレメントの照度パターンが反射板14の位置に重ね合わされる。例えば、第2のフ



ライアイレンズ面9の各エレメント形状が同一の矩形形状であれば、リサイクル光の反射板14における照度パターンは、各エレメント形状に対応する中央の開口部分の照度が低い矩形形状となる。

【0045】また、第1の反射素子6での反射光のパターンは、第1のフライアイレンズ面8の各分割エレメントにおいて相似パターンを形成する。第1のフライアイレンズ面8とコンデンサレンズ群4の像側焦点位置が一致している場合、再び第1のフライアイレンズ面8に達した時点で、光軸に対して対称位置に戻る。第1のフライアイレンズ面8の構成が光軸に対して対称なレイアウトとなっている場合は、反射パターンの対称パターンが第1のフライアイレンズ面8の各分割エレメント上に形成されることとなり、結局、再び第1の反射素子6を照度を均一化されずに照明する。照度の均一化を目的とする場合には、フィールドレンズ11と第1のフライアイレンズ面8との間に間隔をとるほうがよい。主光線以外の光線は、第1のフライアイレンズ面8の位置において対称関係とはならないため、リサイクル光の照度の均一化が可能となる。

【0046】そして、この照明装置は、図5に示すように、楕円鏡16を有する光源1、楕円鏡16の第2の焦点上に配置されるリレーレンズ20、このリレーレンズ20の近傍に配置される反射板14、フィールドレンズ21、反射型偏光板19、フライアイインテグレート2、コンデンサレンズ10、フィールドレンズ11及び第1の反射素子6を順次配列させて構成した場合において、コンデンサレンズ10以降の光学系の光軸を平行にずらして構成することができる。

【0047】反射板14は、中央部分が開口部となっており、リレーレンズ20に対する絞りの機能を果たしている。

【0048】この照明装置において、反射型偏光板19により反射されたリサイクル光は、フィールドレンズ21、リレーレンズ10、楕円鏡16を介して、光源1の発光点に戻る。第1の反射素子6において反射されたリサイクル光は、反射板14によって反射されて、再び第1の反射素子6に戻る。この図5においても、1次光の代表的光線を実線で示し、リサイクルの経路を破線で示している。

【0049】〔第1の反射素子について〕第1の反射素子は、必ずしも第1の反射素子として特別の素子を付加しなければならないものではない。すなわち、本来は別の目的で不要光を反射するために存在する素子を、第1の反射素子として使用することができる。この第1の反射素子となり得る素子としては、反射型偏光板、偏光ビームスプリッタ、遮光層、反射型変調素子の反射層、反射型カラーフィルタ等が挙げられる。具体的な配置については、後述する。

【0050】〔リサイクル効率を改善するための要件〕

照明光についてのリサイクル効率を改善するための要件としては、下記の4つの要件が挙げられる。

(1) 第1の反射素子とインテグレートが光学的共役点の関係であること。

(2) 照明装置を構成する部材の表面反射が極力少ないこと。

(3) 戻り光を効率良く反射する構造が備わっていること。

(4) 変調素子のエテンデュール (Etendue) がリサイクルの過程で増大する光源のエテンデュール (Etendue) を許容する大きさであること。

【0051】第1の要件については、前述した通りである。

【0052】第2の要件を満たすためには、各光学部品に反射防止膜を施すとともに、一体化できる部品については一体化することによって反射面を少なくすることが必要である。例えば、放電バルブを構成するガラス表面にも反射防止膜が施されていることが望ましい。また、図2において、P-S変換素子、コンデンサレンズ10及びフライアイインテグレートの第2のフライアイレンズ面9は、光学的に密着させる。

【0053】第3の要件に関しては、後述する。

【0054】第4の要件である「変調素子のエテンデュール (Etendue)」は、変調素子に照明される照明面積と照明光の立体角の積で表される。これに対して、「光源のエテンデュール (Etendue)」は、発光面積と出射光の放射立体角の積で表される。例えば、放物面鏡と放電バルブからなる光源においては、「光源のエテンデュール」は、放物面鏡の開口部の面積とその位置における出射光の放射立体角との積である。不要光を光源側に戻し、これを再度変調素子側に反射する過程において、光源のエテンデュール (Etendue) は増大することとなる。変調素子のエテンデュール (Etendue) が光源のエテンデュールに比較して相対的に小さい場合には、リサイクル光は、目的とする照明範囲より大きな範囲を照明することとなり、リサイクル効率が低下する。

【0055】〔リサイクル効率を改善する光源の構成

(1)〕 前述したように、リサイクル光は、光源が放物面鏡を備える場合において、この放物面鏡の開口部に不要光が戻った時点において、1次光と同じ位置、角度には完全には一致しない。また、リサイクル光は、製造上における光学素子の位置合わせにズレがある場合にも、光源の発光点に戻らなくなる。この点を改善した構造としては、図6に示すように、放物面鏡7を備えた光源において、この放物面鏡7の開口端に設けられた保護ガラス (フェースプレート) 13の表面13bもしくは裏面13aに、第2の反射素子となる反射板14a、14bを付加することが考えられる。この反射板14a、14bは、保護ガラス13の中央部及び周辺部に位置しており、保護ガラス13にアルミ、銀等の金属材料からなる

薄膜や誘電体多層膜を形成することによって設けてもよく、また、保護ガラス 1 3 とは別体の基板を有する反射板を反射板 1 3 に近接させて配置することによって設けてもよい。

【0056】なお、発光点はガラスチューブからなるバルブ 1 2 中にあり、ガラスチューブの表面には、反射防止膜 1 5 が形成されている。

【0057】すなわち、一般的には、放物面鏡 7 とバルブ 1 2 とからなる光源において、放物面鏡 7 の開口端の全領域が光源として有効なのではなく、図 7 に示すよう

に、バルブ 1 2 の正面である中央部と、周辺部とは、放物面鏡 7 によって反射された照明光が透過しない無効な領域となる。そこで、このような無効な領域に、反射板 1 4 a, 1 4 b を形成する。

【0058】そして、反射板 1 4 a, 1 4 b は、なるべく光源の発光点に近い位置に形成されていることが望ましい。なぜなら、図 7 に示すように、反射板 1 4 a, 1 4 b が発光点から離れていると、リサイクル光のうち、バルブ 1 2 のガラスチューブによって遮光される光束の比率が増えてしまうからである。そこで、図 8 に示すよう

に、反射板 1 4 a, 1 4 b は、保護ガラス 1 3 の裏面 1 3 a に形成することによって発光点に近づけたほうが、保護ガラス 1 3 の表面 1 3 b に形成するよりも望ましい。また、反射板 1 4 a, 1 4 b の位置は、放物面鏡 7 の有効範囲に近いほうが望ましいといえる。反射板 1 4 a, 1 4 b が放物面鏡 7 の有効範囲から遠くなると、不要な 1 次光（発光点から直接発光された光）を十分に遮光できず、かつ、光源側に戻すべき反射光を反射してしまう比率が高くなるからである。

【0059】また、保護ガラス 1 3 の周囲部の反射板 1 4 b は、図 9 に示すように、光軸に対して適度に傾斜させておいてもよい。すなわち、この場合、反射板 1 4 b は、円錐面、または、球面の一部である形状となる。反射板 1 4 b を傾斜させない場合には、この反射板 1 4 b により反射された光束は、第 1 のフライアイレンズ面 8 において、半径方向に大きく拡がった範囲に達する。反射板 1 4 b を傾斜させることにより、第 1 のフライアイレンズ面 8 において、この反射板 1 4 b により反射された光束が拡がらないようにすることができる。なお、反射板 1 4 b の傾斜角は、放物面鏡 7 の焦点距離と発光点の大きさとの関係によって決まる。

【0060】〔リサイクル効率を改善する光源の構成 (2)〕光源を、図 10 に示すように、バルブ 1 2 と、上述の放物面鏡に代えて回転楕円面形状の楕円鏡 1 6 と、保護ガラス 1 3 とを用いて構成した場合にも、放物面鏡を用いた光源の場合と同様に、反射板 1 4 a, 1 4 b を、保護ガラス 1 3 上であって 1 次光が透過しない無効な領域に形成する。すなわち、反射板 1 4 a, 1 4 b は、保護ガラス 1 3 の中央部及び周辺部に形成する。

【0061】ただし、楕円鏡 1 6 においては、放物面鏡

と違って、保護ガラス 1 3 上に単に反射板 1 4 a, 1 4 b を形成しただけでは有効ではない。すなわち、この光源においては、発光点が楕円鏡 1 6 の第 1 の焦点上に置かれているので、この発光点から発せられた光（1 次光）は、楕円鏡 1 6 の第 2 の焦点上に結像する。そのため、リサイクル光を有効にするためには、反射板により反射された光束を、楕円鏡 1 6 の第 2 の焦点に結像させる必要がある。そのため、反射板 1 4 a, 1 4 b の近傍に、集光レンズ 1 7 a, 1 7 b を配置する。これら集光レンズ 1 7 a, 1 7 b は、反射板 1 4 a, 1 4 b に対応して保護ガラス 1 3 の中央部及び周辺部に配置される円形及び円環状のレンズであって、焦点位置を楕円鏡 1 6 の第 2 の焦点に一致させるようになされている。集光レンズ 1 7 a, 1 7 b によって楕円鏡 1 6 の第 2 の焦点を経たりサイクル光は、上述したように、第 1 の反射素子においてテレセントリックとなる。したがって、第 1 の反射素子により反射されたりサイクル光は、楕円鏡 1 6 の第 2 の焦点に戻り、その後、有効な光束となる。

【0062】〔リサイクル効率を改善する光源の構成 (3)〕光源は、図 11 に示すように、放物面鏡 7 を備えたバルブ 1 2、四分の一（1/4）波長板 1 8、及び、反射型円偏光板 1 9 を備えた構成とすることができる。前述したように、放物面鏡 7 による反射における位相変化は、180°とは限らず、また、入射角度や波長によっても変化する。そこで、この光源においては、四分の一（1/4）波長板 1 8 及び反射型円偏光板 1 9 の作用により、放物面鏡 7 の入射面に対して、P 偏光もしくは S 偏光に揃えるようにしている。四分の一（1/4）波長板 1 8 は、図 12 に示すように、放物面鏡 7 の中心軸を対称軸として、放射線状に複数（偶数個）の領域 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c, 1 8 d, 1 8 a', 1 8 b', 1 8 c', 1 8 d' に分割されている。これら各領域の遅相軸は、各領域における中心部と放物面鏡 7 の中心軸とを結ぶ直線に対して、45°をなす方向となっており、かつ、放物面鏡 7 の中心軸を介して対称となる位置関係の領域の遅相軸に対して、直交する方向となっている。なお、四分の一（1/4）波長板 1 8 とバルブ 1 2 の保護ガラス 1 3 の間には、図示しない紫外線、赤外線カットフィルタが形成されている。

【0063】反射型円偏光板 1 9 としては、コレステリック液晶ポリマ円偏光板を使用することができる。また、四分の一（1/4）波長板 1 8 は、広帯域の波長域で機能するものが望ましい。なお、空気界面には、反射防止膜が形成されている。

【0064】バルブ 1 2 から射出された光は、四分の一（1/4）波長板 1 8 を通過することにより直線偏光に変化され、反射型円偏光板 1 9 に至る。このとき、この光の偏光軸は、反射型円偏光板 1 9 の入射面に対して P 偏光もしくは S 偏光となる。そして、この反射型円偏光板 1 9 においては、一方の方向の偏光が光源側に反射さ

れる。

【0065】反射型円偏光板19により反射された光は、四分の一(1/4)波長板18を経て、放物面鏡7において2回反射されて、再び四分の一(1/4)波長板18に至る。このとき、この光は、反射型円偏光板19により反射されたときに透過した四分の一(1/4)波長板18の領域(例えば18a)に対して、放物面鏡7の中心軸を介して対称となつる領域(例えば18a')に至る。そして、この光は、すでに四分の一(1/4)波長板18及び反射型円偏光板19を経ていたため、P偏光もしくはS偏光に揃っており、位相差を生じていない。したがって、遅相軸が直交する方位となっている四分の一(1/4)波長板18の領域を通過することにより、反射型円偏光板19への始めの入射時とは逆方向の円偏光となり、この反射型円偏光板19を通過する。このようにして、この光源においては、偏光の変換が行われる。

【0066】なお、図11においては、四分の一(1/4)波長板18及び反射型円偏光板19は、放物面鏡7に一体化された保護ガラス13に一体化された構成として、この保護ガラス13に対して別体とした構造としてもよい。

【0067】ただし、四分の一(1/4)波長板18は、放物面鏡7にできるだけ近い位置に配置されることが望ましい。なぜなら、四分の一(1/4)波長板18が放物面鏡7から離れた位置に配置されると、光軸に対して傾き角度が大きい光束が放物面鏡7における2回の反射を受けて再び四分の一(1/4)波長板18に達したとき、対称関係にある四分の一(1/4)波長板18の領域を通過しなくなる可能性が大きくなるからである。

【0068】また、反射型円偏光板19の位置が放物面鏡7から離れるにしたがい、この反射型円偏光板19による反射光は、周縁部の反射板14bに達する可能性が大きくなる。この場合、この光は、四分の一(1/4)波長板18を通過せずに、円偏光として反射板14bに達する。この光は、反射板14bに反射されるときに位相が180°変化して逆の円偏光となり、反射型円偏光板19を通過する。この場合には、放物面鏡7による反射やバルブ12の影響を受けないため、照明光の効率が改善する場合がある。

【0069】なお、上述したような四分の一(1/4)波長板と円偏光板との組み合わせではなく、二分の一(1/2)波長板と反射型直線偏光板との組み合わせでも、同様の作用を発揮する光源を構成することが可能である。

【0070】〔リサイクル効率を改善する光源の構成(4)〕光源は、図13に示すように、楕円鏡16を備えたバルブ12、四分の一(1/4)波長板18、リレーレンズ20、フィールドレンズ21及び反射型円偏光板19を備えて構成されたものとしてもよい。

【0071】図14に示すように、放物面鏡7を備えた光源の場合、放物面鏡7の焦点位置から外れた光束は、反射型円偏光板19において反射されて、再びバルブ12に進入したとき、このバルブ12の電極等の遮蔽物に遮光される可能性がある。そこで、この楕円鏡16を備えた光源においては、図15に示すように、バルブ12の発光点を楕円鏡16の第1の焦点位置に配置し、この楕円鏡16の第2焦点位置にリレーレンズ20を配置するとともに、楕円鏡16における反射位置とリレーレンズ20についての概ね共役点に、反射型円偏光板19を配置することとしている。そして、反射型円偏光板19への入射光については、フィールドレンズ21によって、テレセントリックな状態を設定している。

【0072】反射型円偏光板19により反射された光束は、楕円鏡16によって1次光が反射された位置と同じ位置に戻る。そして、ここで楕円鏡16に反射された光束は、楕円鏡16の第1の焦点を中心として発光点と対称である位置に戻る。つまり、この光束は、バルブ12の放電電極等に遮光される比率が少ない。

【0073】四分の一(1/4)波長板18は、上述した〔光源構造(3)〕におけると同様に、図12に示すように、遅相軸方位の異なる複数の領域に放射状に分割されており、図13に示すように、保護ガラス13の近傍に配置されている。この四分の一(1/4)波長板18は、反射型円偏光板19とフィールドレンズ21との間に配置しても、同様の効果を得ることができる。

【0074】この四分の一(1/4)波長板18は、広帯域の波長域で機能するものが望ましい。また、四分の一(1/4)波長板18と放電ランプの保護ガラス13との間には、図示しない紫外線、赤外線カットフィルタが形成されている。

【0075】反射型円偏光板19としては、コレステリック液晶ポリマ円偏光板を使用することができる。なお、空気界面には、反射防止膜23が形成されている。

【0076】バルブ12から出射された光は、四分の一(1/4)波長板18を通過することにより直線偏光に変化され、反射型円偏光板19に至る。このとき、この光の偏光軸は、反射型円偏光板19の入射面に対してP偏光もしくはS偏光となる。そして、この反射型円偏光板19においては、一方の方向の偏光が光源側に反射される。

【0077】反射型円偏光板19により反射された光は、四分の一(1/4)波長板18を経て、楕円鏡16において2回反射されて、再び四分の一(1/4)波長板18に至る。このとき、この光は、反射型円偏光板19により反射されたときに透過した四分の一(1/4)波長板18の領域(例えば18a)に対して、楕円鏡16の中心軸を介して対称となつる領域(例えば18a')に至る。そして、この光は、すでに四分の一(1/4)波長板18及び反射型円偏光板19を経ていた

め、P 偏光もしくは S 偏光に揃っており、位相差を発生していない。したがって、遅相軸が直交する方位となっている四分の一 ( $1/4$ ) 波長板 18 の領域を通過することにより、反射型円偏光板 19 への始めの入射時とは逆方向の円偏光となり、この反射型円偏光板 19 を通過する。このようにして、この光源においては、偏光の変換が行われる。

【0078】なお、上述したような四分の一 ( $1/4$ ) 波長板と円偏光板との組み合わせではなく、二分の一 ( $1/2$ ) 波長板と反射型直線偏光板との組み合わせでも、同様の作用を発揮する光源を構成することが可能である。

【0079】〔リサイクル効率を改善する照明装置の構成 (1)〕本発明に係る画像表示装置の照明装置は、図 16 に示すように、上述した構成の光源 24 と、フライアイインテグレート 2 と、コンデンサレンズ 10、フィールドレンズ 11 及び第 1 の反射素子 6 を備えて構成される。この照明装置において、フライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面 9 の各分割エレメントは、対応する第 1 のフライアイレンズ面 8 の分割エレメントに対する絞りととなっている。つまり、対応する第 2 のフライアイレンズ面 9 の分割エレメントを通過する光束は、全て被照明物上に結像する。しかしながら、実際には、絞りの全域を利用しているわけではなく、図 17 に示すように、照度の低くなっている無効領域が存在する。この照明装置においては、第 2 のフライアイレンズ面 9 における無効領域を有効に利用するものである。

【0080】すなわち、この照明装置においては、フライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面 9 とコンデンサレンズ 10 との間に、第 2 の反射素子となる反射板 14 が配置されている。なお、この反射板 14 は、上述のように、P-S 変換素子が存在する場合においては、フライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面 9 と P-S 変換素子との間に配置される。

【0081】この反射板 14 は、光源からの 1 次光を妨げない範囲に存在するようになされている。すなわち、反射板 14 は、図 17 に示したフライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面 9 における照度分布に対応した構造の開口パターンを有し、あるいは、ストライプ構造を有して形成されている。

【0082】この照明装置においては、第 1 の反射素子 6 により反射されたりサイクル光を、反射板 14 の開口部以外の領域に戻すことにより、再び被照明物に戻すことができ、リサイクル光を効率よく利用することができる。

【0083】そして、反射板 14 がコンデンサレンズ 10 の光源側に配置されていることにより、リサイクル光について、コンデンサレンズ 10 及びフィールドレンズ 11 によってリレーコンデンサ系の照明系が構成されていることになる。ここで、コンデンサレンズ 10 は、リレーレンズの機能を果たしている。また、この光学系

は、第 1 の反射素子 6 及び反射板 14 について、テレセントリックな光学系、すなわち、主光線が光軸に平行な光学系となっている。

【0084】反射板 14 によって反射されたりサイクル光が、再び第 1 の反射素子 6 によって反射された場合には、この光は、1 次光が辿った光路を逆に辿って光源 24 に戻る。この過程が繰り返されることにより、照明光のリサイクルが達成される。

【0085】そして、第 1 の反射素子 6 は、光軸に対して傾斜されている。この第 1 の反射素子 6 の傾斜方向については、水平方向と垂直方向との 2 通りが考えられる。第 1 の反射素子 6 を水平方向に傾斜した場合のフライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面 9 におけるリサイクル光の照度分布は、図 18 において破線で示すように、反射板 14 における開口パターンに対して横方向にずれた位置に明部が現れる状態となる。そして、第 1 の反射素子 6 を垂直方向に傾斜した場合のフライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面 9 におけるリサイクル光の照度分布は、図 19 において破線で示すように、反射板 14 における開口パターンに対して縦方向にずれた位置に明部が現れる状態となる。

【0086】このようにして反射板 14 に戻る光の一部は、フライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面 9 の外形寸法の外側にはみ出すことになるが、コンデンサレンズ 10 の外径を大きくしておけば、反射板 14 に戻る光を全て取り込むことができる。また、反射板 14 に戻る光のうち、図 18 及び図 19 において実線で示す開口パターンに重なっている部分については、開口パターンを通過して光源 24 に戻るため、再び照明光として使用されることとなり、ロスにはならない。

【0087】また、第 1 の反射素子 6 は、光軸に対して傾けるのではなく、コンデンサレンズ 11 とともに、光軸に対して、所定量だけ平行にずらすようにしてもよい。ここで、コンデンサレンズ 11 以降の光学系を光軸に対してずらす所定量とは、フライアイレンズエレメントのピッチの  $1/4$  程度である。

【0088】なお、反射板 14 の表面は、照明光のリサイクル効率の点では、平坦性が良いことが望ましい。ただし、第 1 の反射素子 6 により反射されたりサイクル光は、反射板 14 の開口パターンに対して反転したパターンとして、この反射板 14 に戻る。したがって、リサイクル光による照明に対して均一性を求める場合においては、反射板 14 の表面は、適当な散乱面としておいてもよい。

【0089】さらに、この照明装置は、図 20 に示すように、2 群のフライアイインテグレート 2、25 を備えて構成されたものとすることができる。この場合には、リサイクル光の均一性を向上させることができる。

【0090】すなわち、第 1 のフライアイインテグレート 2 は、被照明物と概ね相似形のエレメントからなる。

そして、第1のフライアイインテグレート2と光源24との間に配置される第2のフライアイインテグレート25は、第1のフライアイインテグレート2と異なる形状であっても構わない。

【0091】第2のフライアイインテグレート25は、リレーコンデンサ照明系を構成しており、その絞り位置近傍の1次光を妨げない範囲に、第2の反射素子である反射板14が配置されている。

【0092】また、コンデンサレンズ10以降（コンデンサレンズ10及び第1の反射素子6）の光軸は、第1のフライアイインテグレート2のエレメントピッチの1/4程度、他の光学系の光軸に対して平行にずらしてある。また、第1のフライアイインテグレート2と第2のフライアイインテグレート25のエレメントピッチは、互いに異なるように設定されている。

【0093】この照明装置において、第1の反射素子6によって反射されたリサイクル光は、第1のフライアイインテグレート2の第1のフライアイレンズ面8の各エレメントに反射光のパターンを結像させる。このリサイクル光は、第2のフライアイインテグレート25のエレメントピッチが第1のフライアイインテグレート2のエレメントピッチと異なるため、反射板14に達し、この反射板14で反射され、再度、第1のフライアイインテグレート1の第1のフライアイレンズ面8に達したときに、始めにこの第1のフライアイレンズ面8に戻ったときとは異なるパターンを形成する。したがって、このリサイクル光は、第1のフライアイインテグレート2を通過し、第1の反射素子6に達し、このときに、強度が均一化された状態となっている。

【0094】〔リサイクル効率を改善する照明装置の構成（2）〕また、この照明装置は、図21に示すように、コンデンサレンズ10以降の光学系（コンデンサレンズ10、フィールドレンズ11及び第1の反射素子6）の光軸を、光源24の光軸に対して平行にずらして構成してもよい。フライアイインテグレート2は、光源24とコンデンサレンズ10との間に、これら光源24及びコンデンサレンズ10以降の光学系の双方に対応する範囲に配置する。そして、反射板14は、フライアイインテグレート2の光源24側に、コンデンサレンズ10以降の光学系の光軸を介して光源24に対して対称となる位置に配置されている。

【0095】この照明装置においては、光源24より第1の反射素子6に達した1次光は、その一部がリサイクル光としてフライアイインテグレート2の光源24側に配置された反射板14に達し、フライアイインテグレート2によって均一化された状態で、被照明物を効率良く照明する。

【0096】そして、このリサイクル光は、再び第1の反射素子6において反射された場合には、1次光が辿った光路を逆に辿って光源24に戻る。この過程が繰り返

されることにより、照明光のリサイクルが達成される。

【0097】〔リサイクル効率を改善する照明装置の構成（3）〕また、この照明装置は、図22に示すように、ロッドインテグレート26を使って構成することもできる。ロッドインテグレート26は、透明材料からなる角柱状の光学素子であり、一端部より光束が入射され、他端部より出射する。この照明装置は、楕円鏡16を有する光源27と、ロッドインテグレート26と、これら光源27及びロッドインテグレート26間に、リレーコンデンサ光学系を配置して構成されている。リレーコンデンサ光学系は、コンデンサレンズ28及びリレーレンズ29からなり、楕円鏡16の第2の焦点位置にコンデンサレンズ28が配置され、このコンデンサレンズ28の焦点位置にリレーレンズ29が配置されている。

【0098】ロッドインテグレート26の光源27からの光束が入射される一端部の近傍には、開口を設けた反射板14が配置されている。この反射板14は、図23中の（a）及び（b）に示すように、例えば、ロッドインテグレート26の光源27側の端面に形成することが

【0099】そして、ロッドインテグレート26の光束入射端側には、リレーレンズ系30、20、フィールドレンズ21及び第1の反射素子6が配置されている。

【0100】第1の反射素子6により反射されたリサイクル光は、ロッドインテグレート26の光束入射端に戻ったときに、このロッドインテグレート26によって照度を均一化されている。そのため、反射板14の開口部以外の部分に戻ったリサイクル光は、この反射板14によって反射される。反射板14で反射された光束は、1次光と同様に、ロッドインテグレート26によって均一化された状態で、被照明物を効率良く照明する。開口部を通過したリサイクル光は、光源27に戻る。この過程が繰り返されることにより、照明光のリサイクルが達成される。

【0101】なお、光源としては、放物面鏡を有するものを使用してもよい。

【0102】〔リサイクル効率を改善する照明装置の構成（4）〕また、この照明装置は、図24に示すように、光学系の一部の光軸を他の光学系の光軸に対して平行にずらして構成することもできる。この照明装置は、図22によって前述した照明装置におけるリレーレンズ20とフィールドレンズ21との間に、さらに、コンデンサレンズ10を追加するとともに、このコンデンサレンズ10以降の光学系の光軸を、光源27からリレーレンズ20までの光学系の光軸に対して平行にずらして構成されている。そして、コンデンサレンズ10の光源側には、リレーレンズ20までの光学系の光軸に対してコンデンサレンズ10以降の光学系の光軸を中心として対称な位置に、反射板14cが配置されている。

【0103】この正面装置において、第1の反射素子6

によって反射されたりサイクル光は、反射板 14c に達し、この反射板 14c により反射されて、コンデンサレンズ 10 及びフィールドレンズ 21 を経て再び第 1 の反射素子 6 に達する。ここで、再度第 1 の反射素子 6 によって反射されたりサイクル光は、ロッドインテグレート 26 に戻る。このリサイクル光は、ロッドインテグレート 26 の光源側の端部に戻ったときに、このロッドインテグレート 26 によって照度を均一化されている。そのため、反射板 14 の開口部以外の部分に戻ったりサイクル光は、この反射板 14 によって反射される。反射板 14 で反射された光束は、1 次光と同様に、ロッドインテグレート 26 によって均一化された状態で、被照明物を効率良く照明する。開口部を通過したりサイクル光は、光源 27 に戻る。この過程が繰り返されることにより、照明光のリサイクルが達成される。

【0104】〔偏光変換機能を備えた画像表示装置の構成 (1)〕本発明に係る画像表示装置は、図 25 中の (a) に示すように、上述した構成の光源 24 を有している。この光源は、バルブ 12 及び放物面鏡 7 からなる。そして、この画像表示装置は、第 1 の反射素子として、反射型偏光板 6 を備えており、偏光変換機能を有している。

【0105】すなわち、この画像表示装置は、光源 24、フライアイインテグレート 2、反射板 14、コンデンサレンズ 10、フィールドレンズ 21、反射型偏光板 6 及び変調素子 31 が順次所定の間隔で配置されて構成されている。反射型偏光板 6 は、光軸に対して傾けられて配置されている。この反射型偏光板 6 の傾斜角は、上述のように、この反射型偏光板 6 によって反射されたりサイクル光が反射板 14 に戻ったときに、開口パターンからずれた無効部分に主に達する程度となっている。

【0106】この反射型偏光板 6 としては、コレステリック液晶ポリマ円偏光板を使用することができる。また、コレステリック液晶ポリマが形成してある基板の空気界面に反射防止膜を形成することにより、図 26 に示すように、偏光分離特性を改善することができる。この図 26 においては、コレステリック液晶の選択反射範囲は、420 nm 乃至 690 nm に設定してあり、(A) は、反射防止膜が形成されている場合の左回り円偏光の分光透過率を示し、(B) は、反射防止膜が形成されている場合の右回り円偏光の分光透過率を示し、(C) は、反射防止膜が形成されていない場合の左回り円偏光の分光透過率を示し、(D) は、反射防止膜が形成されていない場合の右回り円偏光の分光透過率を示す。

【0107】光源 24 から出射された照明光は、フライアイインテグレート 2、反射板 14 の開口パターン、コンデンサレンズ 10 及びフィールドレンズ 11 を経て反射型偏光板 6 に至り、図 25 中の (b) に示すように、この反射型偏光板 6 において、一方の円偏光が透過し、他方の円偏光が反射される。反射された円偏光は、反射

板 14 に戻ってこの反射板 14 により反射されることで、逆回りの円偏光となり、再度反射型偏光板 6 に達して、この反射型偏光板 6 を通過する。このようにして反射型偏光板 6 を透過した光は、変調素子 31 に至り、この変調素子 31 によって、表示画像に応じた空間変調が施される。

【0108】なお、変調素子 31 に直線偏光を入射させる必要がある場合には、反射型偏光板 6 と変調素子 31 との間に、四分の一 ( $1/4$ ) 波長板を配置すればよい。さらに、吸収型の偏光板を付加することで、不要な偏光を遮断することができる。

【0109】また、反射型偏光板としては、反射型直線偏光板を使用してもよい。この場合には、反射板 14 上、あるいは、反射型直線偏光板の光源側に、四分の一 ( $1/4$ ) 波長板を配置するようにする。

【0110】〔偏光変換機能を備えた画像表示装置の構成 (2)〕この画像表示装置は、図 27 に示すように、バルブ 12 及び放物面鏡 7 からなる光源 24、四分の一 ( $1/4$ ) 波長板 18、フライアイインテグレート 2、反射型偏光板 6、コンデンサレンズ 10、フィールドレンズ 11 及び変調素子 31 を順次所定の間隔で配置して構成してもよい。

【0111】この画像表示装置においては、反射型偏光板 6 として、コレステリック液晶ポリマ円偏光板を使用することができる。また、四分の一 ( $1/4$ ) 波長板 18 は、図 12 に示すように、放物面鏡 7 の中心軸を対称軸として、放射線状に複数 (偶数個) の領域 18a, 18b, 18c, 18d, 18a', 18b', 18c', 18d' に分割され、各領域の遅相軸が各領域における中心部と放物面鏡 7 の中心軸とを結ぶ直線に対して、 $45^\circ$  をなす方向となされ、かつ、放物面鏡 7 の中心軸を介して対称となる位置関係の領域の遅相軸に直交する方向となされたものである。

【0112】光源 24 から出射された光は、四分の一 ( $1/4$ ) 波長板 18 を経て、反射型偏光板 6 に至る。この光は、反射型偏光板 6 において、一方の円偏光成分が透過され、他方の円偏光成分が光源 24 側に反射される。フライアイインテグレート 2 の第 2 のフライアイレンズ面と光源 24 の発光部 (バルブ 12) とは共役の関係にあるため、反射型偏光板 6 において反射された光は、発光部 (バルブ 12) に戻る。このようにして光源側に戻った光は、四分の一 ( $1/4$ ) 波長板 18 を透過することにより直線偏光に変換されて、放物面鏡 7 に達する。

【0113】ここで、四分の一 ( $1/4$ ) 波長板 18 における遅相軸の方向は、各領域における中心部と放物面鏡 7 の中心軸とを結ぶ直線、すなわち、放物面鏡 7 の入射面に対して  $45^\circ$  の方位に設定されている。そのため、反射型偏光板 6 から戻ってこの四分の一 ( $1/4$ ) 波長板 18 を透過した後の直線偏光軸は、放物面鏡 7 の

入射面に対してP偏光もしくはS偏光となっている。この光は、位相変化を起こすことなく放物面鏡7において2回反射され、再び四分の一(1/4)波長板18を透過する。

【0114】このようにして、四分の一(1/4)波長板18を計3回透過した光は、反射型偏光板6を透過する方向の円偏光となる。このようにして、反射型偏光板6により反射された光のリサイクルが達成され、この反射型偏光板6を透過した後の偏光変換された光の効率が向上する。

【0115】〔偏光変換機能を備えた画像表示装置の構成(3)〕また、この画像表示装置は、図28中の

(a)に示すように、楕円鏡16を備えた光源27、リレーレンズ28、フィールドレンズ29、開口部を有する反射板14、ロッドインテグレータ26、コンデンサレンズ30、リレーレンズ20、反射板14c、コンデンサレンズ10、フィールドレンズ21、反射型偏光板6からなる照明装置に、変調素子31を加えることによって構成される。コンデンサレンズ10以降の光学系の光軸は、光源27からリレーレンズ20までの光学系の光軸に対して、平行にずれて配置されている。この画像表示装置においては、照明装置27と反射型偏光板6とにより、偏光変換機能が達成される。上述した実施の形態と同様に、反射型偏光板6としては、コレステリック液晶ポリマ円偏光板を使用する。

【0116】光源27から出射された照明光は、リレーレンズ28、フィールドレンズ29、ロッドインテグレータ26、コンデンサレンズ30、リレーレンズ20、コンデンサレンズ10及びフィールドレンズ21を経て反射型偏光板6に至り、図28中の(b)に示すように、この反射型偏光板6において、一方の円偏光が透過し、他方の円偏光が反射される。反射された円偏光は、反射板14cに至り、この反射板14cで反射されることにより、逆回りの円偏光となる。この光は、再度、反射型偏光板6に達し、この反射型偏光板6を透過する。このようにして反射型偏光板6を透過した光は、変調素子31に至り、この変調素子31によって、表示画像に応じた空間変調を施される。

【0117】なお、変調素子31に直線偏光を入射させる必要がある場合には、反射型偏光板6と変調素子31との間に、四分の一(1/4)波長板を配置すればよい。さらに、吸収型の偏光板を付加することで、不要な偏光を遮断することができる。

【0118】また、反射型偏光板としては、反射型直線偏光板を使用してもよい。この場合には、反射板14上、あるいは、反射型直線偏光板の光源側に、四分の一(1/4)波長板を配置するようにする。

【0119】〔偏光変換機能を備えた画像表示装置の構成(4)〕この画像表示装置は、図29中の(a)、図30中の(a)及び図31に示すように、楕円鏡16を

備えた光源27、リレーレンズ28、フィールドレンズ29、開口部を有する反射板14、ロッドインテグレータ26、コンデンサレンズ30、リレーレンズ20、反射板14c、コンデンサレンズ10、フィールドレンズ21を備え、さらに、偏光ビームスプリッタ32を介して、変調素子31を配置して構成してもよい。コンデンサレンズ10以降の光学系の光軸は、光源27からリレーレンズ20までの光学系の光軸に対して、平行にずらされている。また、コンデンサレンズ10と反射板14cとの間には、四分の一(1/4)波長板34が配置してある。そして、この画像表示装置においては、偏光ビームスプリッタ32によって、偏光変換機能が達成される。

【0120】すなわち、図29中の(a)に示すように、フィールドレンズ21より偏光ビームスプリッタ32を通過した位置に反射板33を配置し、この偏光ビームスプリッタ32の側面に変調素子31を配置する。これら反射板33及び変調素子31は、偏光ビームスプリッタ32内の反射面を介して、互いにフィールドレンズ21からの光路長が等しくなされて配置されている。

【0121】この画像表示装置においては、光源27よりの出射光は、照明光学系を経て偏光ビームスプリッタ32に達する。この照明光は、図29中の(b)に示すように、この偏光ビームスプリッタ32において、この偏光ビームスプリッタ32の反射面に対するS偏光は、反射面により反射されて変調素子31に到達し、P偏光は、反射面を透過して反射板33に到達しこの反射板33により反射される。この反射板33により反射されたリサイクル光は、光路を逆に辿って四分の一(1/4)波長板34を経て反射板14cにより反射され、再び四分の一(1/4)波長板34を透過することによりS偏光に変換されて、再度偏光ビームスプリッタ32に至る。このとき、リサイクル光は、偏光ビームスプリッタ32の反射面に対するS偏光となっているので、反射面により反射されて変調素子31を照明する。

【0122】なお、コンデンサレンズ10以降の光学系の光軸をずらす方向は、図29中の(c)に示すように、光軸の移動によってフィールドレンズ21と偏光ビームスプリッタ32の反射面との距離が変化しない方向であることが望ましい。光軸の移動に相当する光束の入射角度の広がりを許容するためである。また、この構成においては、後述するピーク輝度を改善する効果もある。

【0123】そして、1つのビームスプリッタによっては目的とする消光比が得られない場合には、図30中の(a)及び(b)に示すように、補助的に偏光ビームスプリッタを追加した構成とすることができる。すなわち、この画像表示装置においては、フィールドレンズ21より、2個の偏光ビームスプリッタ35、32を通過した位置に反射板33を配置し、2個めの偏光ビームス

10

20

30

40

50



ブリッタ 32 の側面に変調素子 31 を配置する。また、1 個めの偏光ビームスプリッタ 35 の側面には、光路長調整ブロック 36 を介して、反射板 37 が配置されている。これら反射板 33、変調素子 31 及び反射板 37 は、各偏光ビームスプリッタ 35、32 内の反射面を介して、互いにフィールドレンズ 21 からの光路長が等しくなされて配置されている。そして、2 個の偏光ビームスプリッタ 35、32 は、反射面において光束を反射させたときの反射光の方向が直交する位置関係となされている。

【0124】この画像表示装置においては、図 29 中の (a) に示した画像表示装置と同様に、リサイクル光を変調素子 31 に戻すことができるが、偏光ビームスプリッタが 2 個重ねられていることにより、より高い消光比を得ることができる。

【0125】さらに、変調素子として、R (赤色)、G (緑色)、B (青色) の三原色に対応した 3 枚の変調素子を使用する場合においては、図 31 に示すように、フィールドレンズ 21 より、偏光ビームスプリッタ 32 及び光路長調整ブロック 36 を通過した位置に反射板 33 を配置し、偏光ビームスプリッタ 32 の側面に色分離プリズム 37、38、39 を介して、各色用の変調素子 31a、31b、31c を配置する。これら反射板 33 及び各変調素子 31a、31b、31c は、偏光ビームスプリッタ 32 内の反射面を介して、光路長調整ブロック 36 及び色分離プリズム 37、38、39 を透して、互いにフィールドレンズ 21 からの光路長が等しくなされて配置されている。

【0126】この画像表示装置においては、照明光が色分離プリズム 37、38、39 によって R (赤色)、G (緑色)、B (青色) の三原色に分離され、各変調素子 31a、31b、31c が表示画像の R (赤色)、G (緑色)、B (青色) の各色成分に応じた変調を行い、これら変調素子 31a、31b、31c を経た光束が再び合成されることによって、画像表示が行われる。

【0127】なお、図 31 においては、コンデンサレンズ 10 以降の光学系の光軸のずれの方向が紙面と垂直な方向となっているために、図においては光軸のずれが表示されていないが、光源 27 からフィールドレンズ 21 までの光学系の構成は、図 29 中の (a) 及び図 30 中の (a) に示しているものと同様である。

【0128】〔反射型カラーフィルタを備えた画像表示装置の構成〕そして、本発明に係る画像表示装置は、図 32 中の (a) 及び図 33 に示すように、P-S 変換素子 40 を備え、変調素子 31 において、干渉フィルタからなるカラーフィルタ層が各画素に対応して配置されているものとして構成することもできる。この画像表示装置は、放物面鏡 7 を備えた光源 24、フライアイインテグレート 2、開口パターンを有する反射板 14、P-S 変換素子 40、コンデンサレンズ 10、フィールドレン

ズ 11 及び変調素子 31 が順次配列されて構成されている。なお、図 32 中の (a) は、水平方向の断面図であり、図 33 は、垂直方向の断面図である。変調素子 31 は、図 32 中の (b) に示すように、光軸に対して傾斜されている。

【0129】P-S 変換素子 40 は、図 46 によって前述したように、無機物質からなる多層膜で構成された偏光分離膜が表面に形成された板ガラスと反射面が表面に形成された板ガラスとを交互に貼り合わせたガラスブロックを、その貼り合わせ面に対して傾斜した切断面に沿って板状に切断して構成したものである。この P-S 変換素子 40 に、P 偏光及び S 偏光が混合した光束が入射されると、偏光分離膜において P 偏光と S 偏光とが分離されるので、P 偏光と S 偏光とは、この P-S 変換素子 40 を構成する各層ごとに分離されて出射する。そして、この出射側において、S 偏光、もしくは、P 偏光に対応した出射部分に、二分の一波長 ( $\lambda/2$ ) 板を配置しておくことにより、P 偏光、もしくは、S 偏光のうちいずれか一方のみの偏光成分を有する光束が得られる。

【0130】変調素子 31 は、図 34 に示すように、透明基板 41、反射型遮光層 42 及び反射型カラーフィルタ 43 が順次配列された層、透明電極 44、配向層 45、液晶層 46、配向層 47、配向処理した TFT 基板 48 が順次積層された構造を有している。反射型カラーフィルタ 43 は、干渉フィルタ等であって、所定の色光を透過させ、所定の色光以外の不要色を吸収せずに反射する機能を有している。

【0131】この画像表示装置においては、反射型カラーフィルタ 43 及び反射型遮光層 42 が、第 1 の反射素子として機能する。これら反射型カラーフィルタ 43 及び反射型遮光層 42 は、変調素子 31 とともに、光軸に対して傾斜されている。これら反射型カラーフィルタ 43 及び反射型遮光層 42 の傾斜方向は、P-S 変換素子 40 における貼り合わせ面の長手方向に垂直な方向を軸として回転させた方向となっている。

【0132】この画像表示装置においては、光源 24 より発せられた 1 次光は、反射型カラーフィルタ 43 及び反射型遮光層 42 において、各反射型カラーフィルタ 43 を透過しない不要光が反射される。例えば、R (赤色) 用のカラーフィルタにおいては、B (青色) 及び G (緑色) が反射されて、リサイクル光として反射板 14 に戻る。他の色用のカラーフィルタにおいても同様である。このようにして反射板 14 に戻り、反射板 14 により反射された光束は、再び変調素子 31 における光軸に対して対称な関係にある位置に達する。このとき、リサイクル光は、必ずしも不要光として反射されたときと同じ色のフィルタ位置には戻らないため、リサイクル効果が生ずる。

【0133】なお、図 32 中の (a) 及び図 33 においては、P-S 変換素子 40 として一般的な構成を有する



ものを使用しているが、このP-S変換素子40に代えて、反射型偏光板を使用することとしてもよい。この場合においては、反射型偏光板の傾斜方向と、反射型カラーフィルタ及び反射型遮光層からなる層の傾斜方向（変調素子31の傾斜方向）とは、直交させるようにする。また、光軸を対称軸として放射線状に複数（偶数個）の領域に分割された四分の一（1/4）波長板を備えた光源を使用することにより、P-S変換素子を使用することは不要となる。この場合には、P-S変換素子を使うことによるエテンデュ（Etendue）の増加がないため、反射型カラーフィルタにおける反射によるリサイクル効率が改善される。すなわち、変調素子におけるエテンデュ（Etendue）に余裕がない場合に有効である。

【0134】また、変調素子を傾斜させることは、この変調素子の像をスクリーン上に結像させる図示しない投射レンズの光軸に対しても傾斜させることとなる。このような変調素子の投射レンズの光軸に対する傾斜によってスクリーン上における結像特性が劣化する場合には、投射レンズの光軸を変調素子の傾斜角に対応して傾斜させてもよい。

【0135】さらに、反射型カラーフィルタとしては、コレステリック液晶ポリマ層の螺旋ピッチを各画素に対応して調整してカラーフィルタとしたものを使用してもよい。

【0136】〔反射型カラーフィルタを備えた反射型変調素子用照明装置の構成〕また、本発明に係る画像表示装置は、図35に示すように、楕円鏡16及び光軸を対称軸として放射線状に複数（偶数個）の領域に分割された四分の一（1/4）波長板18を備えた光源27と、中央部に開口部が形成されて円環状となされた反射板14及び四分の一（1/4）波長板50を挟み込んだリレーレンズブロック49と、フィールドレンズ21と、反射型円偏光板19と、四分の一（1/4）波長板51と、フライアイインテグレータ2と、コンデンサレンズ10と、フィールドレンズ11と、偏光ビームスプリッタ32とを順次配列させて構成してもよい。

【0137】この画像表示装置においては、フィールドレンズ11以降の光学系の光軸が、コンデンサレンズ10までの光学系の光軸に対して平行にずれている。そして、偏光ビームスプリッタ32の側面には、干渉フィルタからなるカラーフィルタ層が各画素に対応して配置された反射型変調素子31が配置されている。

【0138】この画像表示装置においては、偏光ビームスプリッタ32の反射面におけるS偏光によって変調素子31を照明し、変調を受けたP偏光を偏光ビームスプリッタ32を透過させて、図示しない投射レンズによって投影することとなる。

【0139】この画像表示装置における変調素子31は、図36に示すように、基板41、反射型カラーフィルタ43、透明電極44、配向層45、液晶層46、配

向層47、反射電極52、アクティブマトリクス基板53が順次積層されて構成されている。

【0140】また、この変調素子31においては、図37に示すように、反射電極52は、有効画素範囲に対応して形成されており、この有効画素範囲の周辺の無効領域には、反射板54が形成されていることが望ましい。変調素子31を照明する範囲は、一般的には、組立ての精度の余裕のために、有効画素領域より大きくなされている。そして、この照明範囲よりも反射板54を大きくしておくことにより、表示範囲以外の無効領域に照明された照明光のリサイクルも可能となる。

【0141】この画像表示装置においては、反射型カラーフィルタ43、反射電極52及び反射板54が第1の反射素子として機能する。この実施の形態においては、色の利用効率を改善するとともに、ピーク輝度が改善される。

【0142】この画像表示装置において、光源27においてバルブ12から出射された光束は、この光源27が備える偏光変換機能により一定の方向の偏光、すなわち、偏光ビームスプリッタ32の反射面に対するS偏光に揃えられて、変調素子31を照明する。

【0143】光源27から発せられた1次光は、変調素子31における反射型カラーフィルタ43において、このカラーフィルタ43を透過しない不要光が反射される。例えば、R（赤色）用のカラーフィルタにおいては、B（青色）及びG（緑色）が反射されてリサイクル光として反射板14に戻る。ここで、反射板14に達した光は、この反射板14上の四分の一（1/4）波長板50を通過することによって直線偏光となっている。そして、反射板14で反射されたリサイクル光は、円偏光として反射型円偏光板19を通過する。このリサイクル光は、再び反射型カラーフィルタ43に達する。このとき、リサイクル光は、必ずしも不要光として反射されたときと同じ色のフィルタ位置には戻らないため、リサイクル効果が生ずる。

【0144】同様に、変調素子31において変調を受けない光は、反射板14に戻され、均一化された後、変調素子31の全体を照明する。そして、再度反射型カラーフィルタ43に反射された光及び変調を受けない光は、反射板14の中央部の開口を通過して、光源27の発光点に戻る。

【0145】また、光源27より反射型円偏光板19に達した光のうち、この反射型円偏光板19により反射される方向の円偏光となっている光は、この反射型円偏光板19により反射されて再び光源27の発光点に戻る。そして、この光は、再度反射型円偏光板19に達したときには、この反射型円偏光板19を透過する方向の円偏光となっており、この反射型円偏光板19を透過して四分の一（1/4）波長板51を透過したときには、偏光ビームスプリッタ32の反射面に対するS偏光となり、

変調素子 31 を照明する。この過程がを繰り返されることにより、リサイクル効果が改善される。

【0146】〔リサイクル型シーケンシャルカラー画像表示装置の構成〕そして、この画像表示装置は、図 38 に示すように、放物面鏡 7 を有する光源 24、フライアイインテグレート 2、開口パターンを有する反射板 14、P-S 変換素子 40、コンデンサレンズ 10、フィールドレンズ 11、シーケンシャルカラーシャッタ 55、反射型偏光板 6 及び変調素子 31 を順次配置して構成することもできる。この画像表示装置において、コン

【0147】この画像表示装置においては、前述した実施の形態と同様に、単板によるカラー表示を実現するが、カラー表示手段として、シーケンシャルカラー表示を用いている。すなわち、シーケンシャルカラーシャッタ 55 の検光子として反射型偏光板 6 を用いている。この照明光学系においては、各時点で画像表示に関与しない不要色を反射型偏光板 6 により反射させることによって反射板 14 に戻し、照明光のリサイクルを可能にして

【0148】〔ピーク輝度を改善するための照明装置の構成 (1)〕また、この画像表示装置は、図 39 中の (a) に示すように、2 群のフライアイインテグレート 2、25 を備えて構成されたものとすることができる。この場合には、リサイクル光の均一性を向上させることができる。

【0149】すなわち、この画像表示装置は、放物面鏡 7 を有する光源 24、フライアイインテグレート 25、反射板 14、フライアイインテグレート 2、P-S 変換素子 40、コンデンサレンズ 10、フィールドレンズ 11、偏光ビームスプリッタ 32 を順次配列し、この偏光ビームスプリッタ 32 の側面に変調素子 (反射型液晶変調素子) 31 を配置して構成されている。変調素子 31 を経て偏光ビームスプリッタ 32 を透過した光が、図 39 中の (b) に示すように、投射レンズ 67 によってスクリーン 68 に投射される。

【0150】第 1 のフライアイインテグレート 2 は、被照明物と概ね相似形の要素からなる。そして、第 1 のフライアイインテグレート 2 と光源 24 との間に配置される第 2 のフライアイインテグレート 25 は、第 1 のフライアイインテグレート 2 と異なる形状であっても構わない。

【0151】第 2 のフライアイインテグレート 25 は、リレーコンデンサ照明系を構成しており、その絞り位置近傍の 1 次光を妨げない範囲に、第 2 の反射素子である反射板 14 が配置されている。

【0152】また、コンデンサレンズ 10 以降の光学系の光軸は、第 1 のフライアイインテグレート 2 のエレ

メントピッチの  $1/4$  程度、他の光学系の光軸に対して平行にずらしてある。また、第 1 のフライアイインテグレート 2 と第 2 のフライアイインテグレート 25 の要素ピッチは、互いに異なるように設定されている。

【0153】この画像表示装置において、変調素子 31 を経て光源 24 側に戻るリサイクル光は、第 1 のフライアイインテグレート 2 の第 1 のフライアイレンズ面 8 の各要素に反射光のパターンを結像させる。このリサイクル光は、第 2 のフライアイインテグレート 25 の要素ピッチが第 1 のフライアイインテグレート 2 の要素ピッチと異なるため、反射板 14 に達し、この反射板 14 で反射され、再度、第 1 のフライアイインテグレート 1 の第 1 のフライアイレンズ面 8 に達したときに、始めにこの第 1 のフライアイレンズ面 8 に戻ったときとは異なるパターンを形成する。したがって、このリサイクル光は、第 1 のフライアイインテグレート 2 を通過し、第 1 の反射素子 6 に達し、このときに、強度が均一化された状態となつていく。

【0154】この画像表示装置においては、カラー表示を行うために、色分離合成プリズムを設けてもよく、また、上述した実施の形態と同様に、カラーフィルタを設けても良い。コンデンサレンズ 10 以降の光学系の光軸をずらす方向は、光軸の移動によってフィールドレンズ 21 と偏光ビームスプリッタ 32 の反射面との距離が変化しない方向であることが望ましい。光軸の移動に相当する光束の入射角度の広がりを許容するためである。

【0155】また、P-S 変換素子 40 に代えて、別の偏光変換手段を設けてもよい。例えば、図 40 中の

(a) 及び (b) に示すように、フィールドレンズ 11 から射出されて偏光ビームスプリッタ 32 を透過する光を反射する反射板 33 を設けるとともに、フライアイインテグレート 2 とコンデンサレンズ 10 との間にも反射板 14 を設けることとしてもよい。反射板 33 は、光軸に対して傾斜されている。反射板 33 の傾斜方向は、コンデンサレンズ 10 以降の光学系の光軸のずれの方向に直交した方向となっている。

【0156】また、光軸を対称軸として放射線状に複数 (偶数個) の領域に分割された四分の一 ( $1/4$ ) 波長板を備えた光源を使用することにより、P-S 変換素子を使用することは不要となる。この場合には、P-S 変換素子を使うことによるエテンデュ (Etendue) の増加がないため、反射型カラーフィルタにおける反射によるリサイクル効率が改善される。すなわち、変調素子におけるエテンデュ (Etendue) に余裕がない場合に有効である。

【0157】この構造の場合、変調素子 31 で変調を受けなかった照明光は、リサイクル光として、偏光ビームスプリッタ 32 を経て光源 24 側に戻る。反射板 14 において反射されたリサイクル光は、フライアイインテグレート 2 で平均化され、変調素子 31 を均一に照明す

る。

【0158】また、この場合、暗い表示画面内の明るい箇所をさらに明るく表示することができるようになる。平均輝度に対するピーク輝度の関係は、図41に示すように、変調素子のエテンデュール (Etendue) が大きいほど、複数回のリサイクルが可能となり、表示画面の平均輝度が暗くなるほど、明るい箇所の明度については、指数的上昇カーブを示す。黒レベルも同じ比率で上昇するため、表示装置自体のコントラストは変わらないが、外光反射による黒レベル上昇が投射装置としてのコントラストを決めている場合には、コントラストの改善がなされる。

【0159】なお、一般的に、反射型の変調素子と偏光ビームスプリッタとを有する構成においても、不要光は光源側に戻るが、上述の実施の形態に示すように、この不要光を積極的に効率良く変調素子側に戻してリサイクルする手段がないと、リサイクル効果は少ない。

【0160】〔ピーク輝度を改善するための照明装置の構成(2)〕また、この画像表示装置は、図42に示すように、楕円鏡16を備えた光源27、リレーレンズ28、フィールドレンズ29、開口部を有する反射板14、ロッドインテグレート26、コンデンサレンズ30、リレーレンズ20、反射板14c、コンデンサレンズ10、フィールドレンズ21、反射型偏光板6、透過型の変調素子31、さらに、検光子となる反射型偏光板6を順次配列させて構成することができる。コンデンサレンズ10以降の光学系の光軸は、光源27からリレーレンズ20までの光学系の光軸に対して、平行にずれて配置されている。

【0161】この画像表示装置においては、照明装置27と反射型偏光板6とにより、偏光変換機能が達成される。上述した実施の形態と同様に、反射型偏光板6としては、コレステリック液晶ポリマ円偏光板を使用する。

【0162】光源27から出射された照明光は、リレーレンズ28、フィールドレンズ29、ロッドインテグレート26、コンデンサレンズ30、リレーレンズ20、コンデンサレンズ10及びフィールドレンズ21を経て反射型偏光板6、6に至り、この反射型偏光板6、6において、一方の円偏光が透過し、他方の円偏光が反射される。反射された円偏光は、反射板14cに至り、この反射板14cで反射されることにより、逆回りの円偏光となる。この光は、再度、反射型偏光板6に達し、この反射型偏光板6を透過する。このようにして反射型偏光板6を透過した光は、変調素子31に至り、この変調素子31によって、表示画像に応じた空間変調を施される。

【0163】この画像表示装置において、検光子となる反射型偏光板6においては、図44に示すように、コレステリック液晶ポリマ円偏光板を変調素子31の内部に形成してある。すなわち、この変調素子31は、TFT

基板48、配向層45、液晶層46、配向層47、透明電極44、反射型偏光板6及び基板41が順次積層された構造を有している。そして、両面には、反射防止膜15、15が形成されている。また、変調素子の31の前後の反射型偏光板6、6は、互いに反射型偏光板の螺旋方向が逆になっている。

【0164】この画像表示装置において、変調素子31で変調を受けなかった光束は、この変調素子31を透過して反射型偏光板6で反射され、ロッドインテグレート26もしくは反射板14cに達する。反射板cに反射された光束は、逆振れの円偏光となり、反射型偏光板6で反射され、ロッドインテグレート26に達する。この光は、ロッドインテグレート26で均一化され、光源27側の端部の開口周辺に設けられた反射板14によって一部が反射され、開口を通過した残部は光源27に戻る。リサイクル光は、ロッドインテグレート26で均一化され、偏光変換された状態で、変調素子31を均一に照明する。

【0165】この画像表示装置において、変調素子の液晶のモードはVAモードを採用しているが、コレステリック液晶ポリマ円偏光板と液晶層との間に四分の一(1/4)波長板を配置して直線偏光に変換することにより、直線偏光を用いるTNモード等の液晶とすることもできる。

【0166】さらに、この画像表示装置は、図43に示すように、3枚の変調素子31a、31b、31cを用いて構成することもできる。すなわち、この画像表示装置においては、楕円鏡16を備えた光源27、リレーレンズ28、フィールドレンズ29、開口部を有する反射板14、ロッドインテグレート26、コンデンサレンズ30、リレーレンズ20、反射板14c、コンデンサレンズ10を順次配列させ、コンデンサレンズ10の光軸を光源27からリレーレンズ20までの光学系の光軸に対して平行にずらした照明光学系を構成し、この光学系からの射出光を、ミラー56を経て第1の分光反射ミラー57に導く。

【0167】第1の分光反射ミラー57においては、例えば、R(赤色)光が透過され、G(緑色)光及びB(青色)光が反射される。R(赤色)光は、ミラー62に反射され、リレーレンズ64を経て、反射型偏光板6、透過型の変調素子31b及び検光子となる反射型偏光板6を経て、合成プリズム66に至る。G(緑色)光及びB(青色)光は、第2の分光反射ミラー58に至り、例えばG(緑色)光が透過し、B(青色)光が反射される。G(緑色)光は、リレーレンズ60を経て、反射型偏光板6、透過型の変調素子31a及び検光子となる反射型偏光板6を経て、合成プリズム66に至る。B(青色)光は、リレーレンズ61を経て、ミラー63に反射され、リレーレンズ65を経て、反射型偏光板6、透過型の変調素子31c及び検光子となる反射型偏光板

6を経て、合成プリズム66に至る。

【0168】そして、合成プリズム66においては、R（赤色）光、G（緑色）光及びB（青色）光が合成されて、図示しない投射レンズに向けて出射される。この光は、投射レンズにより、スクリーンに投射される。

【0169】上述した各実施の形態においては、変調素子として液晶変調素子を使用しており、この変調素子において変調された光は、図示しない投射レンズを介してスクリーンに投射される。そして、変調素子としては、液晶変調素子に限らず、他の方式の変調素子を使用することとしてもよい。また、照明光学系の構造によってリサイクル効率を改善する構成は、上述したものに限定されず、光源の最適位置に反射機能を備えることでリサイクル効率を改善できる構成であればよい。

【0170】上述のように、本発明においては、投射装置における不要光のリサイクルを効率良く可能とする光源と照明装置とにより、偏光分離合成を安価に達成することが可能となる。また、カラーフィルタを用いた単板変調素子を用いた場合において、光利用効率を改善することが可能となり、シーケンシャルカラータイプの単板変調素子を用いた場合においても、光利用効率を改善することが可能となる。そして、開口率の低い変調素子の光利用効率を改善することが可能となり、暗い画面におけるピーク輝度を高くすることが可能となる。

【0171】

【発明の効果】上述のように、本発明に係る画像表示装置においては、投射装置における不要光のリサイクルを効率良く可能とする光源と照明装置とにより、偏光分離合成を安価に達成することが可能となる。また、カラーフィルタを用いた単板変調素子を用いた場合において、光利用効率を改善することが可能となり、シーケンシャルカラータイプの単板変調素子を用いた場合においても、光利用効率を改善することが可能となる。そして、開口率の低い変調素子の光利用効率を改善することが可能となり、暗い画面におけるピーク輝度を高くすることが可能となる。

【0172】すなわち、本発明は、非発光の変調素子と、この変調素子を照明する照明装置と、投射レンズとからなる画像表示装置であって、構成の複雑化や製造の煩雑化を招来することなく、照明光の利用効率が向上された画像表示装置を提供することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る画像表示装置の構成の概要を示すブロック図である。

【図2】上記画像表示装置を構成する照明装置における基本的な光路を示す側面図である。

【図3】上記画像表示装置を構成する照明装置における反射素子を傾けた場合の光路を示す側面図である。

【図4】上記画像表示装置を構成する照明装置における光学系の一部の光軸をずらした場合の光路を示す側面図

である。

【図5】上記画像表示装置における光学系の一部の光軸をずらした場合の光路を示す側面図である。

【図6】上記画像表示装置を構成する光源の第1の構成を示す縦断面図である。

【図7】上記画像表示装置を構成する光源の第2の構成を示す縦断面図である。

【図8】上記画像表示装置を構成する光源の第3の構成を示す縦断面図である。

【図9】上記画像表示装置を構成する光源の第4の構成を示す縦断面図である。

【図10】上記画像表示装置を構成する光源の第5の構成を示す縦断面図である。

【図11】上記画像表示装置を構成する光源の第6の構成を示す縦断面図である。

【図12】上記光源の第6の構成における四分の一波長板の構成を示す正面図である。

【図13】上記画像表示装置を構成する照明装置の第1の構成を示す縦断面図である。

【図14】上記画像表示装置を構成する光源において問題が生じている状態を示す縦断面図である。

【図15】上記画像表示装置を構成する照明装置の第1の構成における光路を示す側面図である。

【図16】上記画像表示装置を構成する照明装置の第2の構成を示す縦断面図である。

【図17】上記照明装置の第2の構成における反射板の構成を示す正面図である。

【図18】上記照明装置の第2の構成において反射素子を横に傾けた場合における反射板にリサイクル光が戻った状態を示す正面図である。

【図19】上記照明装置の第2の構成において反射素子を縦に傾けた場合における反射板にリサイクル光が戻った状態を示す正面図である。

【図20】上記画像表示装置を構成する照明装置の第3の構成を示す縦断面図である。

【図21】上記画像表示装置を構成する照明装置の第4の構成を示す縦断面図である。

【図22】上記画像表示装置を構成する照明装置の第5の構成を示す縦断面図である。

【図23】上記照明装置の第5の構成におけるロッドインテグレート及び反射板の構成を示す斜視図（a）及び平面図（b）である。

【図24】上記画像表示装置を構成する照明装置の第6の構成を示す縦断面図である。

【図25】上記画像表示装置の第1の構成を示す縦断面図（a）及び原理図（b）である。

【図26】上記画像表示装置の第1の構成において、反射型円偏光板に反射防止膜を設けた場合の左回り円偏光の分光透過率（A）、反射型円偏光板に反射防止膜を設けた場合の右回り円偏光の分光透過率（B）、反射型円

偏光板に反射防止膜を設けない場合の左回り円偏光の分光透過率 (C)、反射型円偏光板に反射防止膜を設けない場合の右回り円偏光の分光透過率 (D) をそれぞれ示すグラフである。

【図 2 7】上記画像表示装置の第 2 の構成を示す縦断面図である。

【図 2 8】上記画像表示装置の第 3 の構成を示す縦断面図 (a) 及び原理図 (b) である。

【図 2 9】上記画像表示装置の第 4 の構成を示す縦断面図 (a)、原理図 (b) 及び要部斜視図 (c) である。

【図 3 0】上記画像表示装置の第 5 の構成を示す縦断面図 (a) 及び原理図 (b) である。

【図 3 1】上記画像表示装置の第 6 の構成を示す縦断面図である。

【図 3 2】上記画像表示装置の第 7 の構成を示す横断面図 (a) 及び要部斜視図 (b) である。

【図 3 3】上記画像表示装置の第 7 の構成を示す縦断面図である。

【図 3 4】上記画像表示装置の第 7 の構成における変調素子の構成を示す要部縦断面図である。

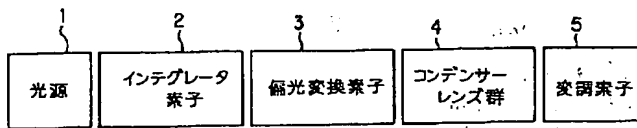
【図 3 5】上記画像表示装置の第 8 の構成を示す縦断面図である。

【図 3 6】上記画像表示装置の第 7 の構成における変調素子の構成を示す要部縦断面図である。

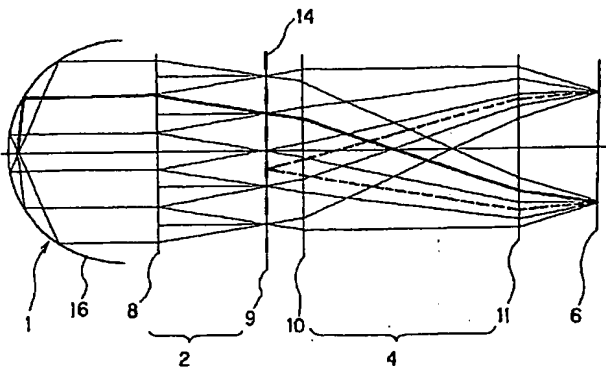
【図 3 7】上記画像表示装置の第 7 の構成における変調素子の一画素の領域の構成を示す側面図である。

【図 3 8】上記画像表示装置の第 9 の構成を示す縦断面図である。

【図 1】



【図 3】



【図 3 9】上記画像表示装置の第 1 0 の構成を示す縦断面図 (a) 及び要部平面図 (b) である。

【図 4 0】上記画像表示装置の第 1 1 の構成を示す縦断面図 (a) 及び要部平面図 (b) である。

【図 4 1】上記画像表示装置の第 1 1 の構成における表示画像のピーク強度の変化を示すグラフである。

【図 4 2】上記画像表示装置の第 1 2 の構成を示す縦断面図である。

【図 4 3】上記画像表示装置の第 1 3 の構成を示す縦断面図である。

【図 4 4】上記画像表示装置の第 1 1 及び第 1 2 の構成における変調素子の構成を示す要部縦断面図である。

【図 4 5】従来の画像表示装置の構成を示す縦断面図である。

【図 4 6】画像表示装置において使用される P-S 変換素子の製造過程を示す斜視図である。

【図 4 7】従来の画像表示装置における照明装置の第 1 の構成を示す縦断面図である。

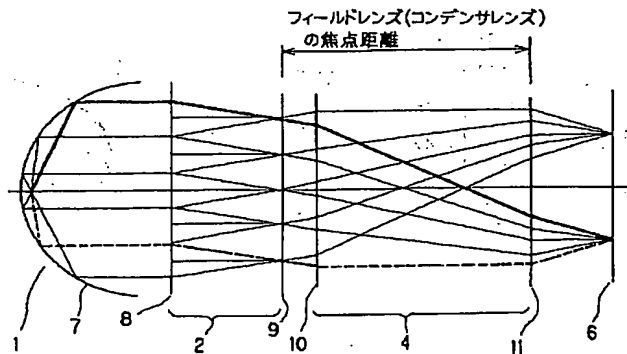
【図 4 8】従来の画像表示装置における照明装置の第 2 の構成を示す縦断面図である。

【図 4 9】従来の画像表示装置における照明装置の第 3 の構成を示す縦断面図である。

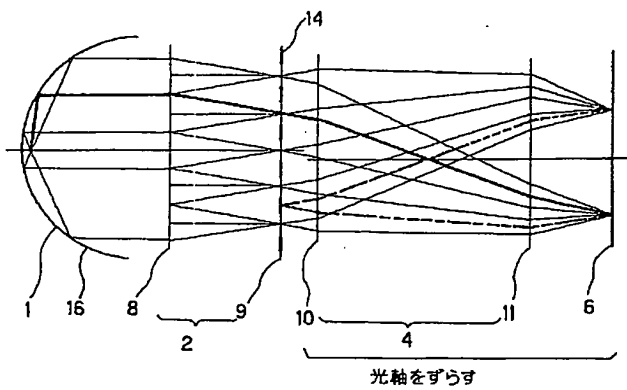
【符号の説明】

1, 2 4, 2 7 光源、2 フライアイインテグレート素子、3 偏光変換素子、4 コンデンサレンズ群、5, 3 1 変調素子、6 反射素子、7 放物面鏡、1 4 反射板、1 6 楕円鏡

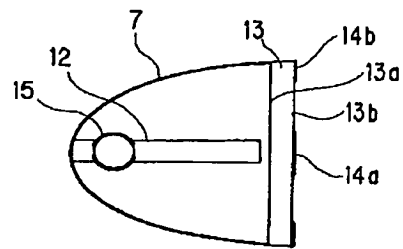
【図 2】



【図 4】

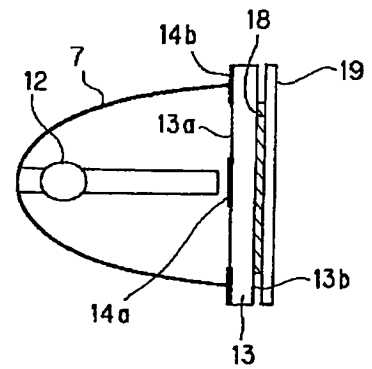
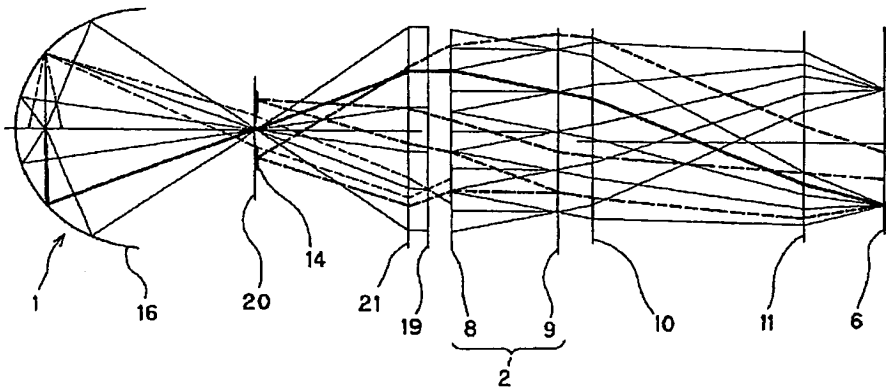


【図 6】

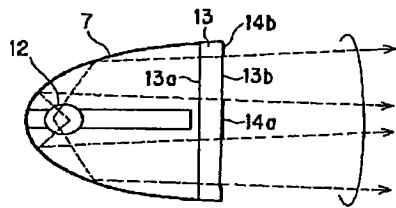


【図 11】

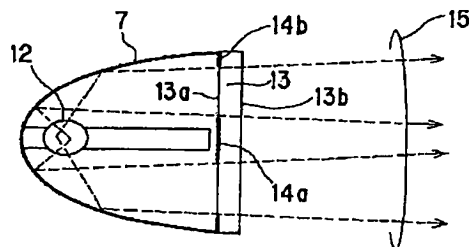
【図 5】



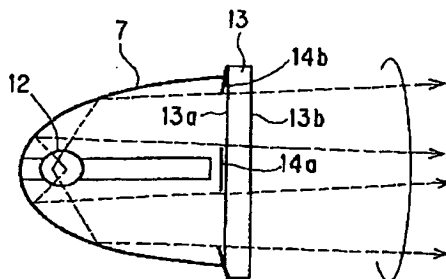
【図 7】



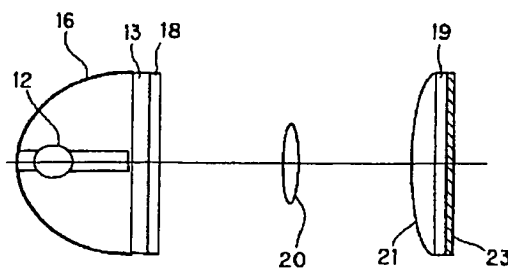
【図 8】



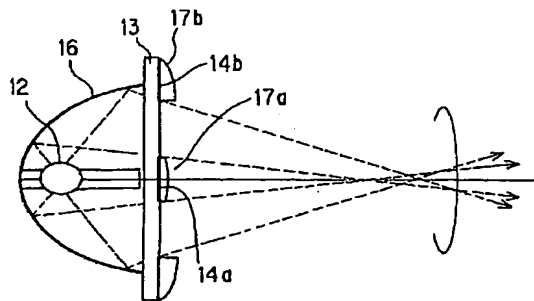
【図 9】



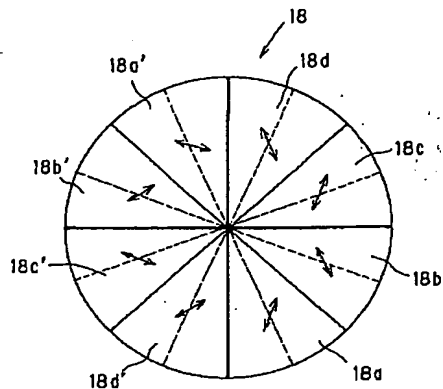
【図 13】



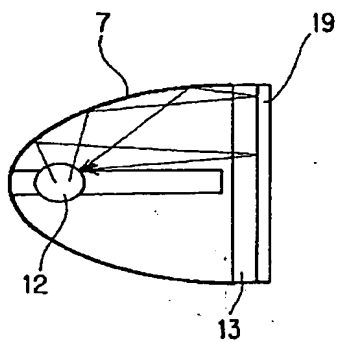
【図10】



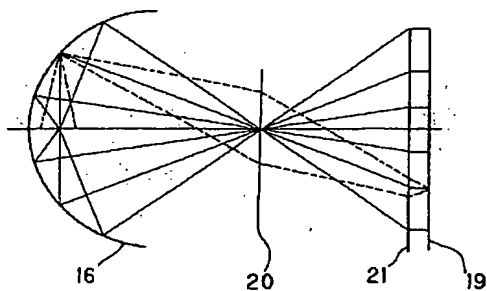
【図12】



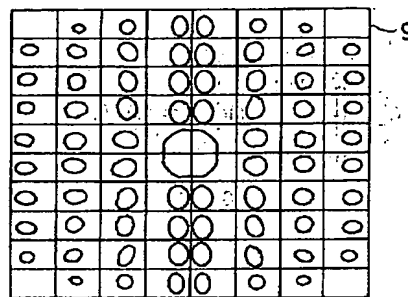
【図14】



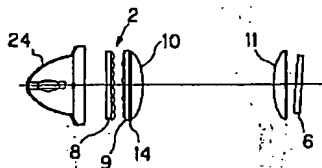
【図15】



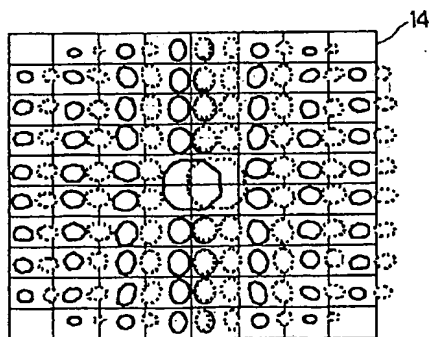
【図17】



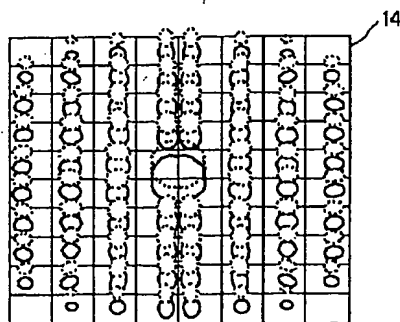
【図16】



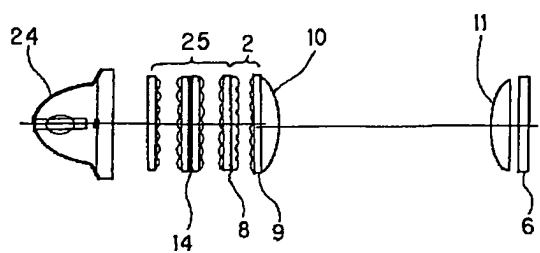
【図18】



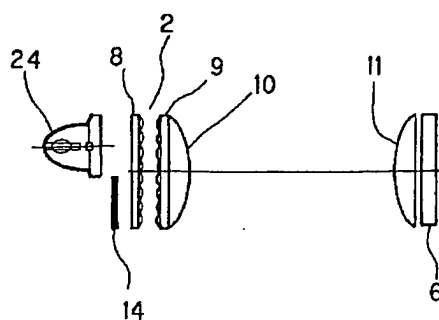
【図19】



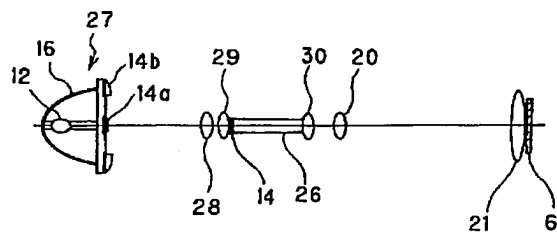
【図 20】



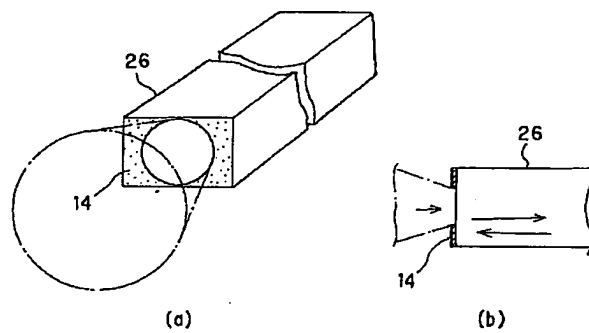
【図 21】



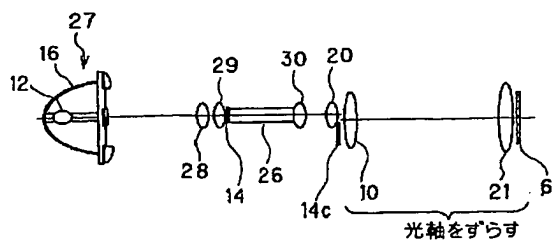
【図 22】



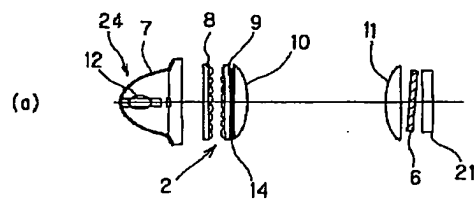
【図 23】



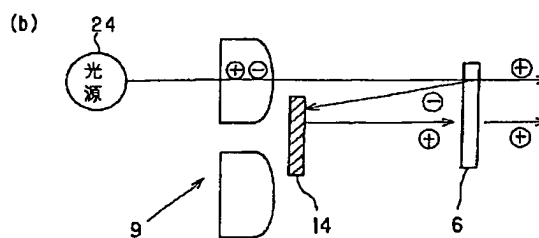
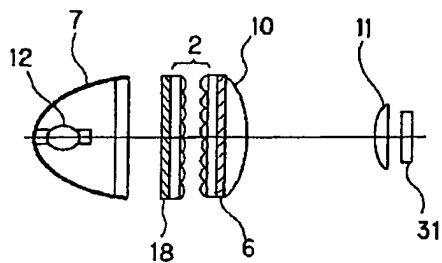
【図 24】



【図 25】

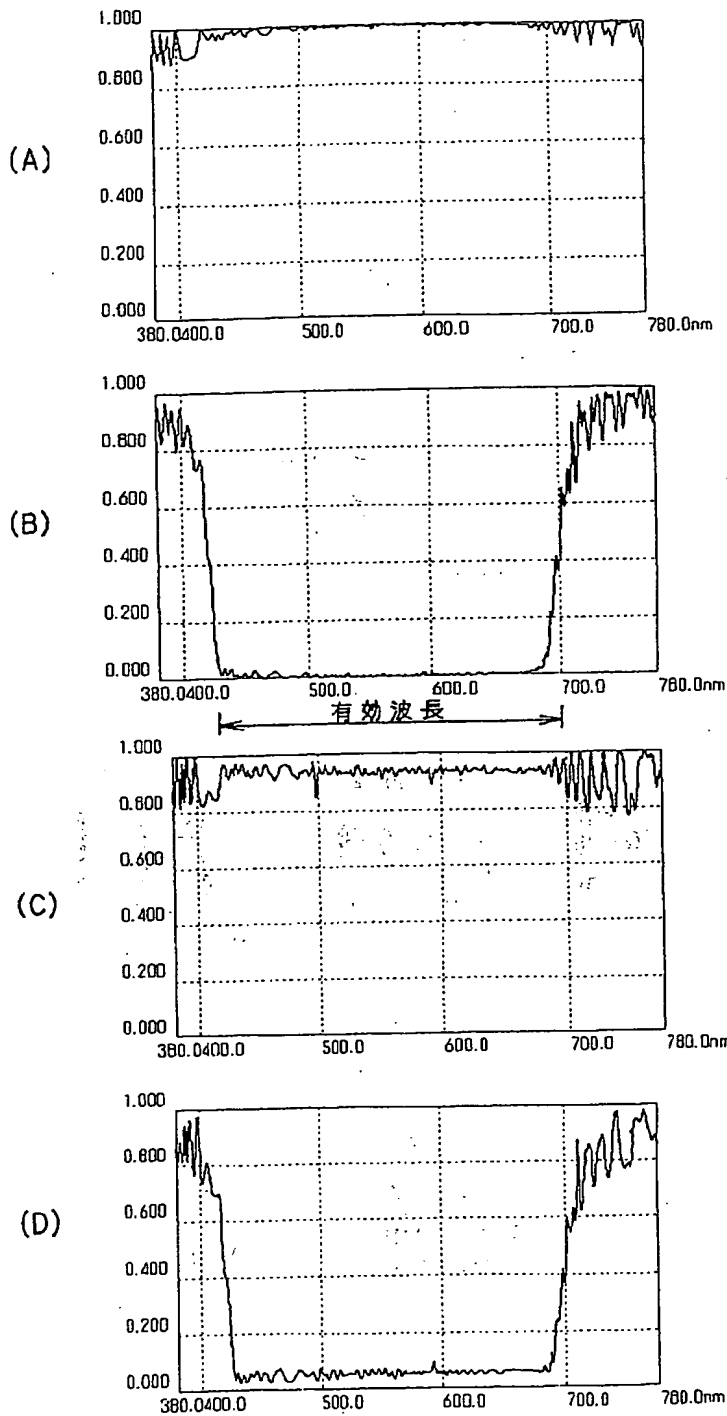


【図 27】





【図 26】



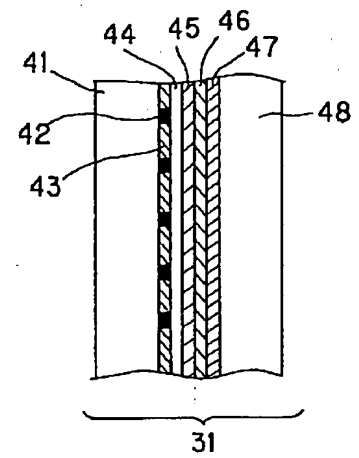
反射防止膜有り  
左回り円偏光  
分光透過率

反射防止膜有り  
右回り円偏光  
分光透過率

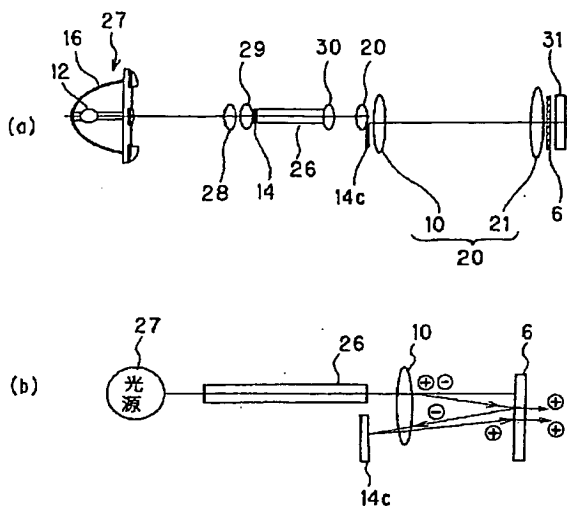
反射防止膜無し  
左回り円偏光  
分光透過率

反射防止膜無し  
右回り円偏光  
分光透過率

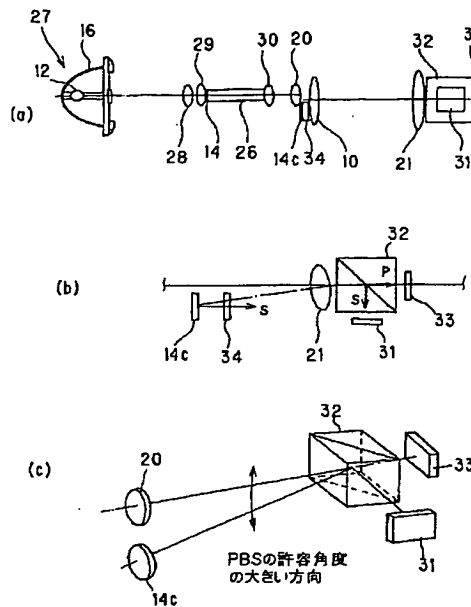
【図 34】



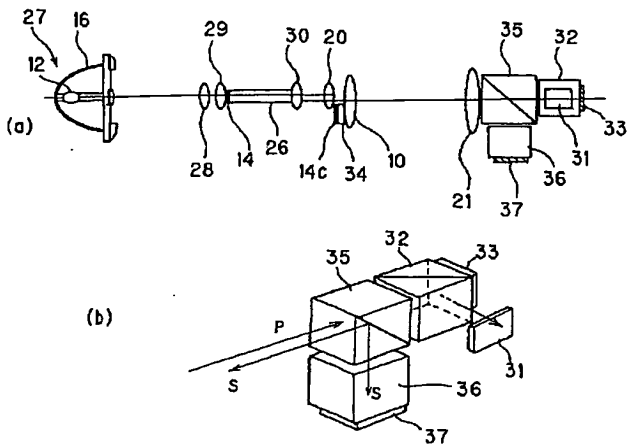
【図 28】



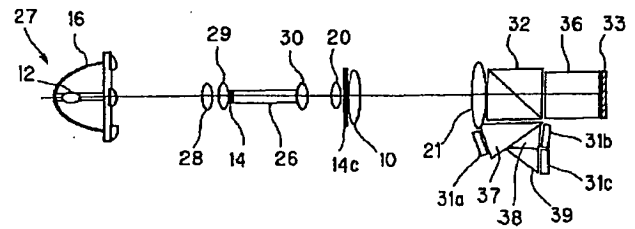
【図 29】



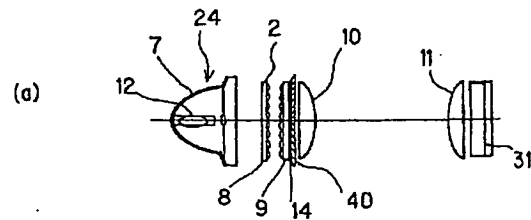
【図 30】



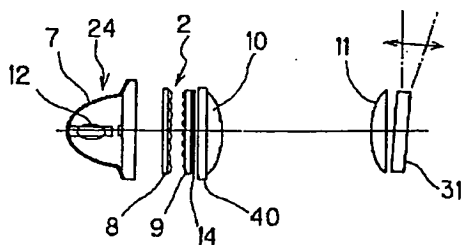
【図 31】



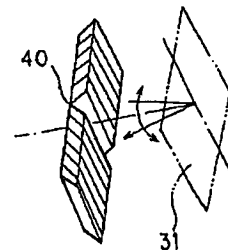
【図 32】



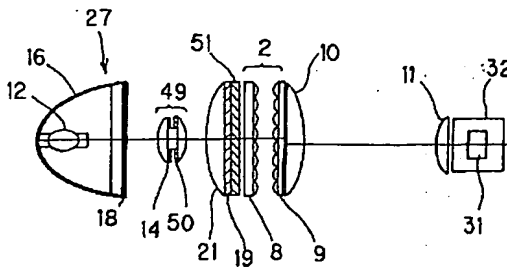
【図 33】



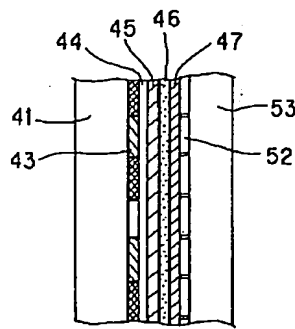
(b)



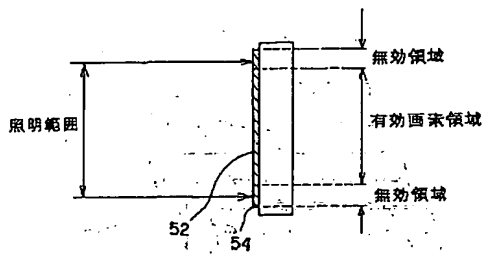
【図 35】



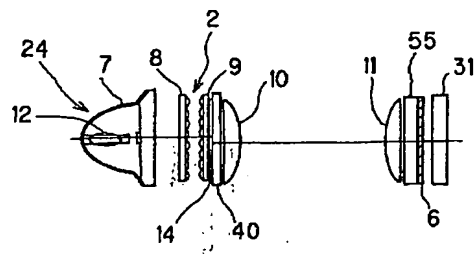
【図 36】



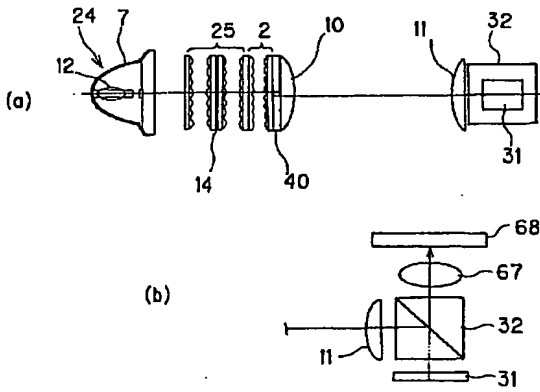
【図 37】



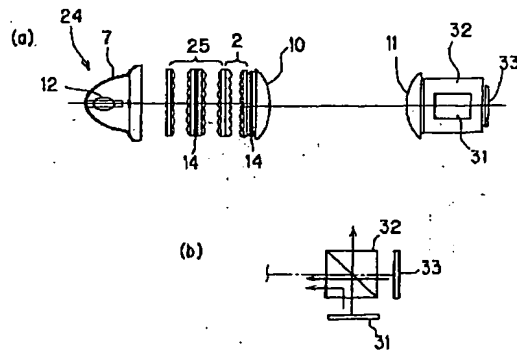
【図 38】



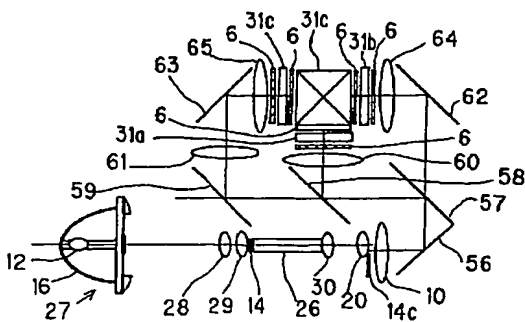
【図 39】



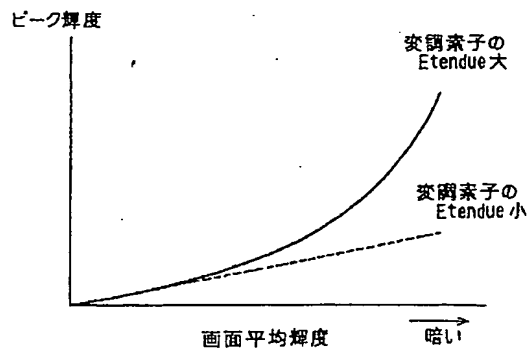
【図 40】



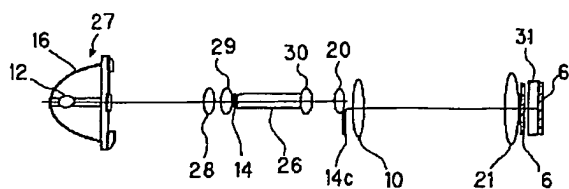
【図 43】



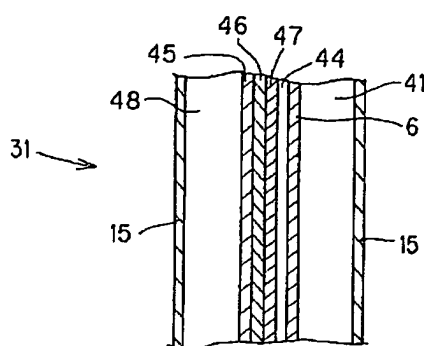
【図 41】



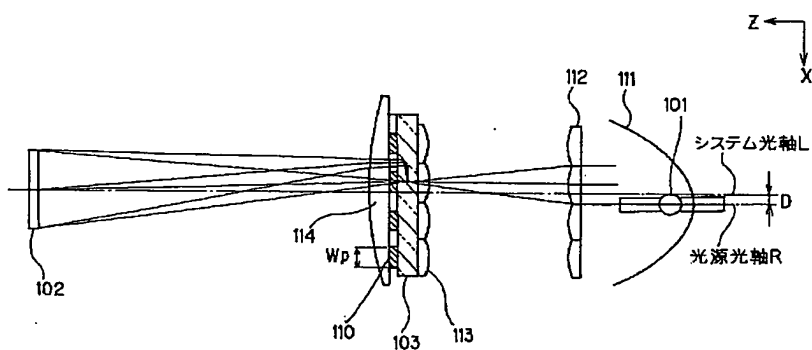
【図 4 2】



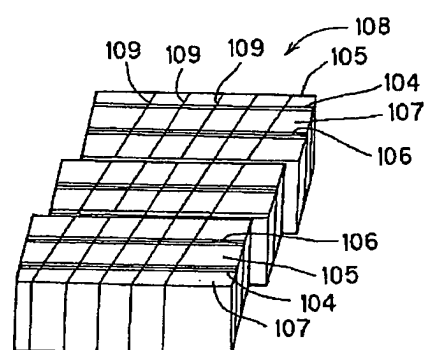
【図 4 4】



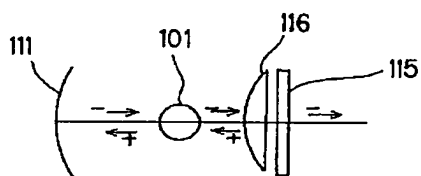
【図 4 5】



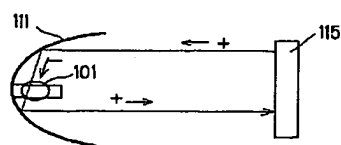
【図 4 6】



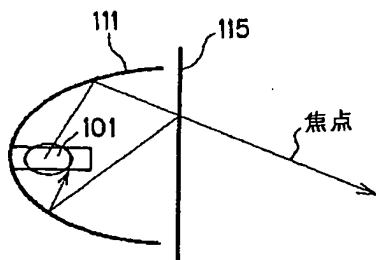
【図 4 7】



【図 4 8】



【図 4 9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H088 EA15 EA16 EA18 GA08 HA16  
HA20 HA24 JA28 MA04 MA05  
MA06  
2H091 FA05Z FA14Z FA26Z FA41Z  
JA02 MA07  
5C058 EA01 EA02 EA12 EA13 EA14  
EA42

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**